

B. Schader

München 1977



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie und Klimato-
logie der Universität München
Vorstand: Prof.Dr.med.H. Drexel

Vergleichende Untersuchungen über das Pulsfrequenzverhalten
bei verschiedenen Bewegungsarten im Rahmen einer Kneippkur

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

Zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Bernd Schader
aus
Mannheim
1977

Dekan: Prof. Dr. Spann

Referenten: Diplom-Physik. K. Dirnagl
Prof. Dr. H. Drexel

Tag der mündlichen Prüfung: 5.8.1977



Einleitung S. 2

Fragestellung S. 5

Methodik S. 6

Versuchsanordnung S. 7

Dokumentation der Meßwerte S. 13

Tabellen und Ergebnisse S. 15

Diskussion der Ergebnisse S. 43

Zusammenfassung S. 52

Literatur S. 54

Titel:

Vergleichende Untersuchungen über das Pulsfrequenzverhalten bei verschiedenen Bewegungsarten im Rahmen einer Kneippkur.

Einleitung:

Zu einer komplexen modernen Kneipptherapie gehört neben der Allgemeinthherapie auch eine umfassende Bewegungstherapie, z.B. in Form so natürlicher Bewegungsarten wie dem Gehen und Schwimmen, von denen sich unsere Wohlstandsgesellschaft in einer volltechnisierten Zeit immer weiter entfernt. Infolge arbeitssparender Erfindungen wurde eine zunehmende Bewegungsarmut in Kauf genommen, die zusammen mit den anderen bekannten Risikofaktoren (Nikotinabusus, Hypertonie, Adipositas, Hypercholesterinämie, Diabetes mellitus, Streß usw.) eine erhebliche Zunahme der Morbidität und Mortalität von Herzkreislaufferkrankungen wie Herzinfarkten und vorzeitigen Gefäßsklerosen in den letzten Jahrzehnten nach sich zog.

Es liegen von zahlreichen Autoren (9, 14, 17, 21, 23, 28, 31) Untersuchungsergebnisse vor, daß der Bewegungsarmut mit ihren fatalen Folgen durch ein individuell abgestimmtes körperliches Training von täglich nur wenigen Minuten Dauer begegnet werden kann.

Nach MELLEROWICZ und anderen (14, 20, 21, 28) übt ein regelmäßiges körperliches Training Einflüsse morphologischer und funktioneller Art auf den Gesamtorganismus aus, so auf die NNR, den HVL und das Vegetativum. Es werden eine Steigerung der speziellen Leistungsfähigkeit und der Widerstandsfähigkeit erreicht. Wachstum und Entwicklung von Skelett- und Muskelsystem werden angeregt, der Bewegungsapparat zeigt ebenfalls chemische, morphologische und physiologische Veränderungen. Durch Dauerübungen werden eine bessere O₂-Versorgung des Organismus, Zunahme der Kapillarisation trainierter Gewebe, der Vitalkapazität der Lungen, Ökonomisierung der Atmung und nicht zuletzt ein "Schonang des Herzmuskels" in der Ruhephase erreicht. Insgesamt erfolgt dabei eine Abnahme des Sympathikotonus, Ökonomisierung des Stoffwechsels, Steigerung der kardio-vaskulären, allgemeinen und psychischen Leistungsfähigkeit. Darüber hinaus bezweckt ein körperliches Training erwiesenermaßen leistungssteigernde Wirkungen nicht nur auf den gesunden Organismus, sondern auch rehabilitative auf den kranken (Herz, Kreislauf, Atem- und Bewegungsapparat).

KÖHLER (18) erwartet einen Trainingseffekt nach einer regelmäßig durchgeführten körperlichen Belastung von jeweils 6 Minuten Dauer. Dabei soll ein deutlicher Pulsfrequenzanstieg ($180 - \text{Lebensalter}$) erzielt und im steady state erhalten bleiben. HOLLMANN (13, 14) empfiehlt ein körperliches Training mit zyklischen Bewegungsabläufen (Laufen, Radfahren ...), um den altersbedingten Funktionseinbußen entgegenzuwirken. ROSKAM, REINDELL, KÖNIG (21) fordern als Trainingsdosierung beim Ausdauertraining jüngerer Menschen (bis 29 Jahre) eine Pulsfrequenz von 150/min, bei 50-60-jährigen 135-140/min; die Belastung solle mindestens 15 Minuten andauern und jeden zweiten Tag durchgeführt werden. Mit täglichem Training werde ein entsprechend schnellerer Leistungszuwachs erreicht.

KIRCHHOF und MILZ (17) führten Spaziergänge innerhalb einer Terrainkur durch und beobachteten bei Überschreitung der Trainingsschwelle von 135 Schlägen/min eine effektive Ökonomisierung der Herz-Kreislaufleistung. Somit ist der Wert einer gezielten Trainings- und Übungstherapie mit deren Gesamtwirkung auf den menschlichen Organismus unzweifelhaft.

Zur genaueren Reproduzierbarkeit und Bestimmung der Wertigkeit von verschiedenen Bewegungsübungen erscheint eine Aufstellung von Testreihen und der Vergleich der Meßergebnisse an Hand der Belastungsherzschlagfrequenz sinnvoll. Ähnliche Untersuchungen wurden schon von anderen Autoren durchgeführt. MELLEROWICZ, REINDELL und DREWS (9, 20, 22) empfehlen für Ausdauerleistungen dem Alter angepaßte Trainingsherzschlagfrequenzen und deren Einhaltung im steady state. Die Untersuchungen erstreckten sich bisher ausschließlich auf Belastungen auf dem Fahrradergometer. Darüber hinaus sind Einzeluntersuchungen über verschiedene Bewegungsarten bekannt. Unter anderem testeten Mc. ARDLE (1) und HÜLLEMANN (15) Probanden beim Schwimmen, MELLEROWICZ (20) führte Versuche auf dem Fahrradergometer durch, STEIN (28) solche bei gymnastischen Übungen. FRIEDMANN/CHRISTMANN (10) gaben Anhaltspunkte für die Dosierung der Schrittgeschwindigkeit auf ebenem Gelände und bei Steigungen unterschiedlicher Gradzahl bei Gehen, sowie Hinweise für eine Relation zwischen Schrittzahl/min und Ergometerleistung in Form von Watt.

Fragestellung:

Entsprechend den bisher dargelegten Ausführungen wird ein wesentlicher Gesichtspunkt in dieser Arbeit sein herauszufinden, ob neben den bisher üblichen Belastungsarten, die sich hauptsächlich auf Fahrradergometertests beschränkten, auch andere, vielleicht aussagekräftigere, für eine objektivierbare Leistungsbeurteilung und -dosierung in Frage kommen. Während seit MELLEROWICZ (20) umfangreiche Untersuchungen über Belastungen auf dem Fahrradergometer vorliegen, fehlen eindeutige Untersuchungen über definierte Belastungen beim Schwimmen und im Gelände. Es stellt sich somit die Frage, ob sich die an der Kurklinik der LVA Schwaben in Bad Wörishofen angewandte Methodik beim Schwimmen und Gehen bewährt, oder ob andere Belastungsformen und -dosierungen zu empfehlen sind.

Als ein Parameter zur Leistungsmessung dient die Herzschlagfrequenz. Da als Trainingsreiz für die hier untersuchten Probanden zwischen 32 und 45 Jahren ein Belastungspuls von 130 Schlägen/min gefordert wird (9), interessiert, welche Arbeit beim Gehen, Schwimmen und der Ergometerbelastung geleistet werden muß, um diesen Belastungspuls zu erreichen. Unterscheiden sich die Belastungspulse und Ruhepulse der 3 Bewegungsarten Schwimmen, Gehen und Ergometerbelastung und ändern sie sich während des Kurverlaufs? Das heißt, wie ausgeprägt ist der Einfluß eines Kneippkurprogramms für den Trainingserfolg? Lassen sich Kurschwankungen im Sinne reaktiver Phasen und Homogenisierungstendenzen erkennen? (7).

Die Ergebnisse der Pulsfrequenzmessungen beim Schwimmen und Gehen sollen untereinander und mit den Wattleistungen auf dem Fahrradergometer verglichen bzw. auf diese normiert werden, um Anhaltspunkte für eine Standardisierung zu gewinnen.

An Hand statistischer Methoden sollen die Ergebnisse untermauert werden, insbesondere bietet sich dabei ihre Überprüfung während des Kurverlaufs auf Signifikanz mit Hilfe des t-Tests an. Durch letzteren sollen die 3 untersuchten Bewegungsarten

daraufhin untersucht werden, ob sich die Meßergebnisse statistisch signifikant ändern, oder ob sie auch rein zufällig zustande gekommen sein können. Es interessieren besonders die Veränderungen der Kenngrößen Ruhepulse, Relationen Ruhepulse zu Arbeitspulsen, Arbeitsleistungen beim Trainingspuls 130/min und Steilheit der Pulsanstiege bei 130/min (wird später erläutert).

Methodik:

In Bad Wörishofen wurden in den Monaten Juli bis September 1973 an der Kurklinik für innere Krankheiten der LVA Schwaben mit freundlicher Genehmigung des Chefarztes Herrn Dr. Teichmann insgesamt 10 männliche Patienten im Verlaufe einer vierwöchigen Kneippkur untersucht. Sie waren zwischen 32 und 45 Jahren alt, das Durchschnittsalter lag bei 36,3 Jahren. Es wurden nur Probanden ausgewählt, bei denen keine gravierenden organpathologischen Befunde bekannt waren. Es handelte sich vorwiegend um adipöse, vegetativ stigmatisierte, kreislaufmäßig wenig trainierte Probanden, die unter anderem alle mehr oder weniger gut schwimmen und radfahren konnten. Im Vordergrund ihrer Behandlung stand eine intensive Trainings- und Übungstherapie der Belastungsstufe I mit vormittags 2 mal 1/2 Stunde Gymnastik und Bewegungsspielen, nachmittags 1 Stunde Wandern bzw. Radfahren und 1/2 Stunde Schwimmen bzw. Bewegungsspielen im hauseigenen Freibad. Ergänzt wurde das Programm mit angepaßten hydrotherapeutischen Maßnahmen wie Kneipp'schen Güssen und einmal wöchentlichem Saunabesuch. Eine wesentliche medikamentöse Unterstützung wurde nicht verabreicht, abgesehen von milden Sedativa bei Schlafstörungen abends in den ersten Kurtagen. Die Patienten wurden nach dem Anreisetag 3 Tage hintereinander, das gleiche nach einer Woche und nach 4 Wochen getestet. Die Untersuchungen erstreckten sich auf Belastungen auf dem Fahrradergometer, auf das Gehen auf ebenem Gelände mit

dosierter variabler Schrittfrequenz und auf das Schwimmen im klinikeigenen Freibad. Sie dauerten jeweils 3 mal drei Minuten lang mit ansteigender Belastung ohne Pause, so daß bei den vorliegenden Belastungsintensitäten nach STEIN (28), REINDELL, ROSKAM (22) u.a. stabile Kreislaufverhältnisse im Sinne eines steady state erreicht werden konnten. Nach dem Zufallsprinzip wurde festgelegt, in welcher Reihenfolge die Probanden die 3 Belastungsarten hintereinander an 3 Tagen absolvieren sollten. Jeder Test wurde für sich an einem Tag abgenommen.

Die unter der Belastung erreichte Herzschlagfrequenz wurde mittels eines Telemetrie-EKG bestimmt, wobei die erreichte Frequenz durch Ausmessen der R-R-Abstände im fortlaufend geschriebenen Belastungs-EKG ermittelt wurde.

Versuchsanordnung:

Alle untersuchten Patienten wurden zur selben Tageszeit belastet, (zwischen 16 und 18 Uhr), um mögliche tagesrhythmische Einflüsse auf die Meßergebnisse auszuschließen. Mindestens 2 Stunden vor Beginn der Untersuchungen erhielten sie keine physikalischen Anwendungen mehr, die die Untersuchungsergebnisse hätten beeinflussen können und nahmen lediglich bis zu 1 Stunde vorher an Übungen wie dem Gruppensport teil. Alle Messungen wurden von mir durchgeführt, um Erstuntersuchungseffekte durch neue Versuchsleiter zu vermeiden.

Bei allen Probanden, denen vorher Art und Verlauf der Untersuchung sowie die Versuchsanordnung genau erklärt wurde, wurde die annähernde Ruheherzschlagfrequenz vor den Belastungen bestimmt, indem sie aufgefordert wurden, sich am Untersuchungs-ort zunächst 2 Minuten lang ruhig zu verhalten (sitzend auf dem Fahrradergometer, stehend in der Mitte des Schwimmbeckens bzw. am Anfangspunkt der Gehstrecke). Zur telemetrischen Übermittlung der Versuchsdaten (Herzschlagfrequenz, EKG-Kurve)

fanden sich als günstige Ableitungspunkte die präster-nalen Ableitungen, die sich bei den verschiedensten Körperbewegungen als weitgehend frei von Muskelpotentialen erwiesen. Dabei wurden bei jedem Probanden übereinander am Sternum 3 Ag/Ag-Cl-Elektroden angebracht, die etwa der Brustwandableitung V2 entsprachen. Von dort wurden Elektrodenkabel, die durch eine Cellophanfolie (zurechtgeschnittener Okklusivverband "Lohmann-Occlufol S", 24 mal 33 cm) wasserdicht befestigt worden waren, um EKG-Kurvenunregelmäßigkeiten durch Verrutschen der Elektroden beim Schwitzen bzw. beim Schwimmen zu vermeiden, zu einem batteriegespeisten kleinen Sender der Firma Siemens geführt. Dieser wurde an einem um die Taille der Probanden befestigten Ledergürtel getragen, wo er keine Bewegungseinschränkungen oder -behinderungen verursachte. In diesem Gürtel verlief eine eingenähte Antenne. Vor der Elektrodenanlage war die Haut von Haaren befreit und mit Äther entfettet worden. Die Elektroden wurden mit üblicher Elektrodenpaste zur Verminderung der Übergangswiderstände versehen. Das technische Gerät zur Übermittlung der Meßdaten stellte ebenfalls die Firma Siemens mit dem Telecust 36 als Sender und dem Sirecust BS 1 als Empfänger. Die Aufzeichnung der Daten erfolgte durch einen EKG-Einfachsreiber (Hellige-Simpliscriptor), der während der 9-minütigen Versuchsdauer fortlaufend mit einer Geschwindigkeit von 12 mm/sec lief, nachdem vorher das Ruhe-EKG nach 2-minütiger Ruhepause geschrieben worden war.

Versuchsanordnung im einzelnen:

Ergometrie:

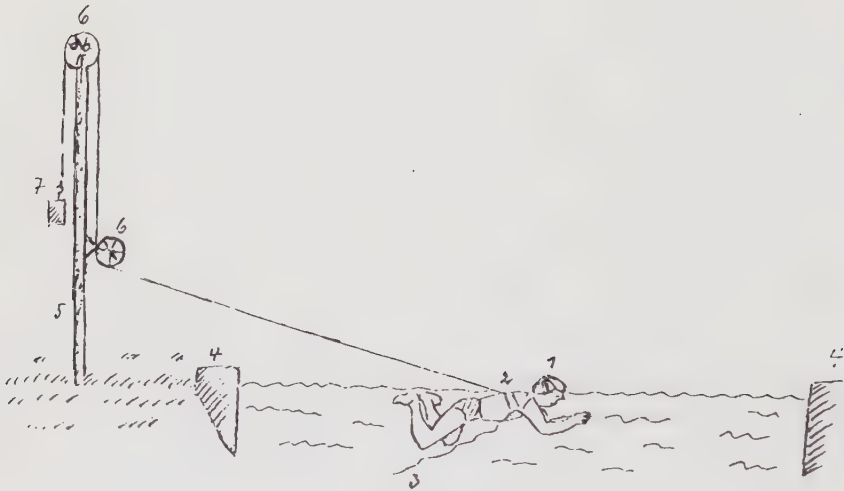
Benutzt wurde ein Fahrradergometer der Firma Wilken-Monark. Die Probanden erschienen in Trainingshose, sowie in Turnschuhen mit entblößtem Oberkörper. Die Untersuchungen fanden im Ergometrieraum der Klinik statt, wo eine annähernd konstante Temperatur von 22 Grad Celsius bei gleichbleibender Luftfeuchtigkeit von 50-60% herrschte. Außer den Probanden und mir war während des Untersuchungsvorganges niemand im Zimmer anwesend. Die Sitzhöhe des Ergometers wurde entsprechend den anatomischen Gegebenheiten der Probanden eingestellt, so daß sie bequem treten konnten. Sie wurden gebeten, möglichst gleichmäßig mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 50 Umdrehungen/min zu treten. Dies war für die Probanden einfach am Tachometer abzulesen. Durch Verstellen einer seitlich am Ergometer angebrachten Drehschraube erfolgte alle 3 Minuten eine Steigerung der Arbeitsbelastung. Die genaue Belastungszeit wurde von einer im Gesichtsfeld der Probanden aufgestellten Digitaluhr abgelesen. Die Steigerungen der Belastungen erfolgte nach Ablauf der jeweiligen 3 Minuten ohne Unterbrechnung des Arbeitsvorganges. Die Ergebnisse wurden wie o.a. über Funk fortlaufend an das EKG-Gerät übermittelt.

Gehbelastung:

Die Gehbelastung wurde im Freien auf klinikeigenem Gelände auf einer ebenen Wiese neben dem Freibad durchgeführt. Die vorher mit den Probanden festgelegte Wegstrecke betrug rund 200 m. Die Probanden wurden bei gleicher Elektrodenanlage wie bei der Ergometerbelastung auf die Teststrecke geschickt. Da sich bei Vortests beim Gehen etwas unreine EKG-Kurven durch vermutliche äußere Störeinflüsse gezeigt hatten, trugen die Probanden zusätzlich eine Stabantenne mit sich, wodurch nun eine technisch einwandfreie Stromkurve registriert werden konnte. Die Stabantenne wurde einfach auf den am Gürtel getragenen Sender aufmontiert. Die Stabantenne wurde an der Taille nach rückwärts geführt und störte dabei den Bewegungsablauf nicht. Die Probanden wurden aufgefordert, mit gleichmäßiger, ihnen natürlicher Schrittlänge zu gehen, nach dem Scheitelpunkt der Strecke umzukehren und mit gleicher Geschwindigkeit die Strecke zurückzugehen. Die Schrittfrequenz wurde den Probanden durch ein Metronom vorgegeben, das für sie gut hörbar in der Mitte der Versuchsstrecke aufgestellt war. Die Tests wurden mit freiem Oberkörper, Trainingshose und Turnschuhen durchgeführt. Es herrschten durchweg sommerliche Temperaturen zwischen 18 und 25 Grad Celsius. Es fanden sich vereinzelt Zuschauer am Rande der Strecke ein, verhielten sich jedoch ruhig und störten nicht.

Schwimmen:

Die Schwimmbelastungen wurden im klinikeigenem Freibad durchgeführt. Neben der bekannten Versuchsanordnung wie beim Ergometertest und beim Gehen, war ein zusätzlicher apparativer Aufbau notwendig, dessen Anordnung aus der Skizze ersichtlich ist. Die Probanden wurden dabei an einer Art Schwimmkranvorrichtung, ähnlich wie bei RULFFS beschrieben (25), angehängt. Diese sah so aus, daß in ein am Beckenrand (20 cm entfernt) einbetoniertes 30 cm tiefes Erdloch ein 350 cm langes hohles Stahlrohr gesteckt wurde. An diesem waren an der Spitze und in 150 cm Höhe 2 kugelgelagerte Rollen von 18 cm Durchmesser auf der gleichen Seite angebracht. Über die Rollen wurde ein 1,5 cm starkes Seil aus synthetischem Material geführt und an einem für die Probanden angefertigten verstellbaren rucksackartigen Brust-Schultergürtel am Rücken verknotet. Am anderen Seilende wurden gegossene Gewichte von nacheinander 1 kg, 2 kg und 3,5 kg befestigt. Die Probanden trugen den wieder an der Taille befestigten Sender nun in einem von der Firma Siemens angefertigten Unterwassergehäuse und außerdem eine ihnen nachschwimmende Schleppantenne. Die Probanden wurden gebeten, möglichst ruhig mit wenig Kraftaufwand in der Mitte des Schwimmbeckens gegen die aufgehängten Gewichte zu schwimmen und sich dabei als Orientierungshilfe eine markierte Linie am Beckenboden zu merken. Die Patienten sollten die aufgehängten, nach jeweils 3-minütiger Belastung erhöhten Gewichte in der Schwebelage halten, was an einer an der Mitte der Stange befindlichen Marke überprüft werden konnte, so daß die Probanden in ihrer Schwimmintensität jederzeit durch Zurufe korrigiert werden konnten. Die Wassertemperatur lag konstant um 25 Grad Celsius. Zuschauer waren zugegen, störten den Bewegungsablauf aber nicht. Die Übermittlung der Ergebnisse erfolgte ebenfalls fortlaufend über Funk auf die neben dem Beckenrand aufgestellten Meßgeräte.



- 1 = Schwimmer, 2 = Brustgürtel mit Seilaufhängung,
3 = Schleppantenne, 4 = Beckenrand, 5 = Gußstahlrohr
6 = kugelgelagerte Rollen, 7 = variable Gewichte.

Dokumentation der Meßwerte:

Die Ergebnisse wurden mittels eines EKG-Einfachschreibers registriert, der fortlaufend während der 9-minütigen Belastungen Herzstromkurven von den gewählten prästernalen Ableitungen aufzeichnete. Die Ruhe- und Belastungsherzschlagfrequenzen wurden durch Ausmessen der R-R-Abstände der EKG-Kurven am Ende jeder 3-minütigen Belastung gewonnen und in eine vorläufige Tabelle eingetragen.

Die Herzstromkurven wurden ferner auf gravierende Rhythmusstörungen und Extrasystolen unter der Belastung untersucht. Wegen unterschiedlichen Trainingszustandes und besonders unterschiedlicher Schwimmgeübtheit wurden die Probanden nicht einheitlich belastet. Proband S z.B. wurde beim Schwimmen am 2. Meßtermin nacheinander mit 2000 g, 3500 g und 4500 g belastet, da er gegenüber den anderen Teilnehmern beim Schwimmen besonders leistungsfähig erschien. Die dabei erzielten Belastungspulse wurden registriert. Anschließend wurde zeichnerisch eine Kurve durch die 3 Meßpunkte 2000, 3500 und 4500 innerhalb eines Koordinatensystems gelegt und der dazugehörige Ruhepuls von 77 Schlägen/min miteinbezogen. Darauf gewann ich durch Interpolieren den zu 1000 g gehörigen Belastungspuls auf der Kurve, der mit 98 Schlägen/min ermittelt wurde. Somit konnten bei der späteren Auswertung die Arbeitspulse des Probanden S. bei 1000, 2000 und 3500 g mit denen der anderen Probanden verglichen werden. Als 2. Beispiel sei Proband H. erwähnt. Dieser wurde auf dem Fahrradergometer am 3. Termin nacheinander mit 100, 125 und 150 Watt belastet, da er sich ebenfalls in einem besseren Trainingszustand als der Durchschnitt der Probanden befand. Hier wurde ebenfalls jetzt durch die Schnittpunkte der Meßpunkte 100, 125 und 150 mit den dazugehörigen Belastungspulsen zeichnerisch eine Kurve gelegt und der Ruhepuls von 80 Schlägen/min miteinbezogen. Nun wurde der zu 75 Watt gehörige Belastungspuls auf der Kurve aufgesucht und mit 100 Schlägen/min ermittelt. So konnten auch die Arbeitsleistungen des Probanden H. bei 75, 100 und 125 Watt mit denen der anderen Probanden verglichen werden. Entsprechend wurde mit den Arbeitsleistungen

der übrigen Probanden verfahren, wenn diese bei der Ergometerleistung außerhalb der Reihe 75, 100 und 125 Watt lagen, beim Schwimmen außerhalb von 1000, 2000 und 3500 g und beim Gehen außerhalb von 100, 120 und 140 Schritt. Diese Arbeitsleistungen wurden durch Auszählen als die am häufigsten geleisteten ermittelt und die restlichen damit vergleichbaren Leistungen der übrigen Probanden wie o.a. gewonnen. Die Meßergebnisse wurden dann in eine Ablochliste eingetragen und kamen auf Lochkarten zur Auswertung. Schließlich wurden die Ergebnisse an Hand von Tabellen und graphischen Darstellungen dokumentiert. In diesen Graphiken erscheint auch der Leistungspulsindex (m genannt). Dieser bezeichnet die Relation der Pulsdifferenz zur Leistungsdifferenz, die zeichnerisch durch das Anlegen einer Tangente an die Marke der Trainingsherzschlagfrequenz von 130/min im Verlauf der individuellen Belastungspulskurven gewonnen wurde. Der Grad abnehmender oder zunehmender Steilheit der Tangente und damit eines rechnerisch kleineren oder größeren Quotienten gaben dann Hinweise auf den Pulsanstieg/min in Relation zum Leistungszuwachs. Eine flachere Tangente oder ein kleinerer Quotient gibt somit an, daß in der Umgebung des Belastungspulses von 130 Schlägen/min ein geringerer Anstieg der Pulsdifferenz, bezogen auf die Leistungsdifferenz, eingetreten ist als bei einer steileren Kurve. Bei der Ergometerbelastung bezeichnet m also den Quotienten aus Pulsdifferenz und der Leistungsdifferenz in Watt, beim Schwimmen aus Pulsdifferenz und Gramm, und beim Gehen aus Pulsdifferenz und Schritt/min. Schließlich wurde graphisch das Verhältnis der Arbeitsleistung bei gleicher Pulsfrequenz dargestellt, also $g : \text{Watt, Schritte/min} : g \text{ und Watt} : \text{Schritten}$; außerdem deren Veränderungen während des Kurverlaufs.

Originaltabellen mit Ruhe- und Belastungspulsen der Probanden in den 3 verschiedenen Bewegungsarten.

In der 1. Kolonne sind die tatsächlichen Arbeitsleistungen der Probanden aufgeführt. Benennungen bei der Ergometrie in Watt = W.

a, b, c = 1., 2., 3. Meßtermin.

Ergometrie:

		<u>Ruhepulse</u>	<u>Belastungspulse</u>
Prob. 1)	a) 75/100/125 W.	80	120/145/165
	b) 75/100/125 W.	75	115/145/180
	c) 75/100/125 W.	77	130/150/165
Prob. 2)	a) 75/100/125 W.	120	150/180/200
	b) 75/100/125 W.	107	130/145/155
	c) 75/100/125 W.	85	120/140/160
Prob. 3)	a) 75/100/125 W.	95	112/127/137
	b) 75/100/125 W.	95	117/125/137
	c) 75/100/125 W.	90	110/120/130
Prob. 4)	a) 75/100/125 W.	105	130/155/175
	b) 75/100/125 W.	90	125/142/155
	c) 75/100/125 W.	87	128/130/145
Prob. 5)	a) 75/100/125 W.	100	120/135/148
	b) 75/100/125 W.	85	112/125/142
	c) 100/125/150 W.	80	115/130/145
Prob. 6)	a) 75/100/125 W.	85	123/160/185
	b) 75/100/125 W.	95	130/135/170
	c) 75/100/125 W.	105	145/165/180
Prob. 7)	a) 100/125/150 W.	78	110/123/140
	b) 100/125/150 W.	90	120/130/145
	c) 100/125/150 W.	64	98/112/130

		<u>Ruhepulse</u>	<u>Belastungspulse</u>
Prob. 8)	a) 100/125/150 W.	80	105/112/125
	b) 100/125/150 W.	85	107/115/132
	c) 100/125/150 W.	87	110/120/135
Prob. 9)	a) 75/100/125 W.	80	122/137/145
	b) 75/100/125 W.	95	125/135/150
	c) 75/100/125 W.	78	120/130/140
Prob. 10)	a) 100/125/150 W.	67	122/148/170
	b) 75/100/125 W.	73	112/130/150
	c) 75/100/125 W.	102	118/132/145

Schwimmen:

(1. Kolonne = Arbeitsleistungen beim Schwimmen in Gramm = g)
0 = keine Leistung bzw. Belastung abgebrochen.

Prob. 1)	a) 2000/3500/4500 g	100	125/170/185
	b) 2000/3500/4500 g	100	150/170/190
	c) 2000/3500/4500 g	97	160/175/185
Prob. 2)	a) 1000/2000/3500 g	115	160/160/190
	b) 1000/2000/3500 g	85	140/145/160
	c) 1000/2000/3500 g	73	125/128/160
Prob. 3)	a) 2000/3500/4500 g	95	130/142/ 0
	b) 1000/2000/3500 g	77	107/132/ 0
	c) 1000/2000/3500 g	87	112/128/135
Prob. 4)	a) 1000/2000/3500 g	95	130/135/155
	b) 1000/2000/3500 g	105	140/155/175
	c) 1000/2000/3500 g	87	130/140/175
Prob. 5)	a) 2000/3500/4500 g	85	120/138/155
	b) 2000/3500/4500 g	85	115/135/148
	c) 3500/4500/5500 g	85	118/145/170
Prob. 6)	a) 1000/2000/3500 g	82	130/175/ 0
	b) 1000/2000/3500 g	100	125/165/ 0
	c) 1000/2000/3500 g	75	105/150/ 0

	<u>Ruhepulse</u>	<u>Belastungspulse</u>
Prob. 7) a) 2000/3500/4500 g	75	100/107/120
b) 2000/3500/4500 g	77	98/115/145
c) 3500/4500/5500 g	72	97/113/130
Prob. 8) a) 2000/3500/4500 g	93	107/117/148
b) 2000/3500/4500 g	75	120/140/155
c) 2000/3500/4500 g	90	118/128/148
Prob. 9) a) 1000/2000/3500 g	77	122/135/150
b) 1000/2000/3500 g	80	110/125/160
c) 1000/2000/3500 g	76	125/137/160
Prob. 10) a) 1000/2000/3500 g	80	120/140/170
b) 1000/2000/3500 g	80	125/135/150
c) 1000/2000/3500 g	77	110/118/145
<u>Gehen:</u> (1. Kolonne = Gehrrhythmus in Schritten/min)		
Prob. 1) a) 100/120/140 Schr.	90	127/138/145
b) 100/120/140 Schr.	90	110/120/140
c) 100/120/140 Schr.	95	115/128/150
Prob. 2) a) 100/120/140 Schr.	120	125/135/155
b) 100/120/140 Schr.	108	120/130/150
c) 100/120/140 Schr.	100	125/125/135
Prob. 3) a) 100/120/140 Schr.	100	137/150/155
b) 100/120/140 Schr.	95	123/130/140
c) 100/120/140 Schr.	105	125/130/140
Prob. 4) a) 100/120/140 Schr.	125	125/140/170
b) 100 / 120/140 Schr.	85	115/132/155
c) 120/140/150 Schr.	85	110/128/142
Pron. 5) a) 100/120/140 Schr.	105	110/125/140
b) 100/120/140 Schr.	85	108/120/140
c) 120/140/150 Schr.	67	103/120/135

		<u>Ruhepulse</u>	<u>Belastungspulse</u>
Prob. 6)	a) 100/120/140 Schr.	85	115/140/170
	b) 100/120/140 Schr.	77	115/122/145
	c) 100/120/140 Schr.	68	100/108/130
Prob. 7)	a) 120/140/150 Schr.	85	107/127/135
	b) 120/140/150 Schr.	95	108/112/122
	c) 120/140/150 Schr.	84	105/117/123
Prob. 8)	a) 120/140/150 Schr.	85	105/120/135
	b) 120/140/150 Schr.	90	115/125/148
	c) 120/140/150 Schr.	95	112/122/130
Prob. 9)	a) 100/120/140 Schr.	87	112/117/125
	b) 100/120/140 Schr.	87	98/115/130
	c) 120/140/150 Schr.	85	110/127/132
Prob. 10)	a) 120/140/150 Schr.	75	100/128/138
	b) 120/140/150 Schr.	82	100/112/130
	c) 120/140/150 Schr.	84	112/125/140

Armzüge pro Minute beim Schwimmen und zugehörige Herzschlagfrequenzen

(AZ = Armzüge, HF = Herzschlagfrequenzen,

a, b, c = 1., 2. und 3. Meßtermin)

	<u>AZ/1.Belastg/HF</u> <u>(1000 g)</u>	<u>AZ/2.Belastg/HF</u> <u>(2000 g)</u>	<u>AZ/3.Belastg/HF</u> <u>(3500 g)</u>
Prob. 1) a)	54 / 125	66 / 170	80 / 185
b)	54 / 150	54 / 170	66 / 190
c)	40 / 160	44 / 175	48 / 185
Prob. 2) a)	48 / 160	48 / 160	48 / 190
b)	40 / 140	40 / 145	45 / 160
c)	36 / 125	36 / 128	36 / 160

	AZ/1.Belastg/HF (1000 g)	AZ/2.Belastg/HF (2000 g)	AZ/3.Belastg/HF (3500 g)
Prob. 3) a)	40 / 130	40 / 0	0 / 0
b)	40 / 107	40 / 132	0 / 0
c)	40 / 112	40 / 128	0 / 0
Prob. 4) a)	32 / 130	36 / 135	0 / 0
b)	36 / 140	44 / 155	0 / 0
c)	32 / 130	32 / 140	40 / 175
Prob. 5) a)	32 / 120	32 / 138	36 / 155
b)	28 / 115	32 / 135	36 / 148
c)	28 / 118	32 / 145	40 / 170
Prob. 6) a)	28 / 130	36 / 175	0 / 0
b)	28 / 125	36 / 165	0 / 0
c)	24 / 105	28 / 150	0 / 0
Prob. 7) a)	32 / 100	40 / 107	44 / 120
b)	32 / 98	32 / 115	32 / 145
c)	40 / 97	40 / 113	48 / 130
Prob. 8) a)	36 / 107	36 / 117	44 / 148
b)	36 / 120	44 / 140	44 / 155
c)	32 / 118	36 / 128	40 / 148
Prob. 9) a)	28 / 122	28 / 135	36 / 150
b)	28 / 110	32 / 125	32 / 160
c)	28 / 125	28 / 137	32 / 160
Prob. 10) a)	32 / 120	40 / 140	40 / 170
b)	32 / 125	32 / 135	32 / 150
c)	20 / 110	24 / 118	24 / 145

Interpolierte Tabellen, Ergometrie (75, 100, 125 Watt), Schwimmen (1000, 2000, 3500 g), Gehen (100, 120, 140 Schritt).

1., 2. und 3. Meßtermin. (R = Ruhepulse)

Herzschlagfrequenzen/min in den 3 Belastungsarten.

a, b, c = 1., 2., 3. Meßtermin.

		<u>ERGOMETRIE</u>		<u>SCHWIMMEN</u>	<u>GEHEN</u>
Prob. 1)	a)	120/145/165 (R 80)	95/125/170 (R 100)	127/138/145 (R 90)	
	b)	115/145/180 (R 75)	137/150/170 (R 100)	110/120/140 (R 90)	
	c)	130/150/165 (R 77)	150/160/175 (R 97)	115/128/150 (R 95)	
Prob. 2)	a)	150/180/200 (R 120)	160/160/190 (R 115)	125/135/155 (R 120)	
	b)	130/145/155 (R 107)	140/145/160 (R 85)	120/130/150 (R 108)	
	c)	120/140/160 (R 85)	125/128/160 (R 73)	125/125/135 (R 100)	
Prob. 3)	a)	112/127/137 (R 95)	122/130/142 (R 95)	137/150/155 (R 100)	
	b)	117/125/137 (R 95)	107/132/152 (R 77)	123/130/140 (R 95)	
	c)	110/120/130 (R 90)	112/128/135 (R 87)	125/130/140 (R 105)	
Prob. 4)	a)	130/155/175 (R 105)	130/135/155 (R 95)	125/140/170 (R 125)	
	b)	125/142/155 (R 90)	140/155/175 (R 105)	115/132/155 (R 85)	
	c)	128/130/145 (R 87)	130/140/175 (R 87)	92/110/128 (R 85)	

<u>ERGOMETRIE</u>			<u>SCHWIMMEN</u>	<u>GEHEN</u>
Prob. 5)	a)	120/135/148 (R 100)	108/120/138 (R 85)	110/125/140 (R 105)
	b)	112/125/142 (R 85)	101/115/135 (R 85)	108/120/140 (R 85)
	c)	100/115/130 (R 80)	87/ 90/118 (R 85)	86/103/120 (R 67)
Prob. 6)	a)	123/160/185 (R 85)	130/175/240 (R 82)	115/140/170 (R 85)
	b)	130/135/170 (R 95)	125/165/225 (R 100)	115/122/145 (R 77)
	c)	145/165/180 (R 105)	105/150/216 (R 75)	100/108/130 (R 68)
Prob. 7)	a)	92/110/123 (R 78)	95/100/107 (R 75)	88/107/127 (R 85)
	b)	110/120/130 (R 90)	87/ 98/115 (R 77)	96/108/112 (R 95)
	c)	84/ 98/112 (R 64)	72/ 75/ 97 (R 72)	93/105/117 (R 84)
Prob. 8)	a)	98/105/112 (R 80)	93/107/117 (R 93)	90/105/120 (R 85)
	b)	99/107/115 (R 85)	107/120/140 (R 75)	105/115/125 (R 90)
	c)	100/110/120 (R 87)	95/118/128 (R 90)	101/112/122 (R 95)
Prob. 9)	a)	122/137/145 (R 80)	122/135/150 (R 77)	112/117/125 (R 87)
	b)	125/135/150 (R 95)	110/125/160 (R 80)	98/115/130 (R 87)
	c)	120/130/140 (R 78)	125/137/160 (R 76)	93/110/127 (R 85)
Prob. 10)	a)	96/122/148 (R 67)	120/140/170 (R 80)	77/100/128 (R 75)
	b)	112/130/150 (R 73)	125/135/150 (R 80)	82/100/112 (R 82)
	c)	118/132/145 (R 102)	110/118/145 (R 77)	99/112/125 (R 84)

Durchschnittswerte der Pulsfrequenzen aller 10 Probanden.

1., 2. und 3. Meßtermin.

<u>Ergometrie 1.Belast.</u>	<u>Schwimmen 1.Belast.</u>	<u>Gehen 1.Belast.</u>
(75 Watt)	(1000 g)	(100 Schritte/min)

1) 116,4	1) 117,5	1) 110,6
2) 117,5	2) 117,9	2) 107,2
3) 115,5	3) 111,1	3) 102,9

<u>Ergometrie 2.Belast.</u>	<u>Schwimmen 2.Belast.</u>	<u>Gehen 2.Belast.</u>
(100 Watt)	(2000 g)	(120 Schritte/min)

1) 137,6	1) 132,7	1) 125,7
2) 130,9	2) 134,0	2) 119,2
3) 129,0	3) 124,4	3) 114,3

<u>Ergometrie 3.Belast.</u>	<u>Schwimmen 3.Belast.</u>	<u>Gehen 3.Belast.</u>
(125 Watt)	(3500 g)	(140 Schritte/min)

1) 153,8	1) 157,9	1) 143,5
2) 148,3	2) 158,2	2) 134,9
3) 142,7	3) 150,9	3) 129,4

Schwimmen 3. Belastung bei 9 Probanden

(1 Schwimmungeübter eliminiert)

1) 148,77
2) 150,77
3) 143,66

Ruhedurchschnittswerte aller 10 Probanden vor:

<u>ERGOMETRIE</u>	a) 89/min	b) 89/min	c) 85,5/min
<u>SCHWIMMEN</u>	a) 89.7/min	b) 86.4/min	c) 81.9/min
<u>GEHEN</u>	a) 95.7/min	b) 89.4/min	c) 86.8/min

Arbeitsleistungen bei der Herzschlagfrequenz 130/min am 1., 2. und 3. Meßtermin. In Klammer Watt/kg KG bzw g/kg KG, sowie Schritte/kg KG. Erfast wurden wegen der unterschiedlichen Gewichtsveränderungen der Probanden während der Kur nur die Anfangs- und Endwerte.

		<u>ERGOMETRIE</u>			<u>SCHWIMMEN</u>			<u>GEHEN</u>		
		1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
P.	1)	90/108/125 W.			2825/3250/3700 g			127/132/147 Schritte		
		(0.80	1.35)		(25.2	40)		(1.13	1.58)	
P.	2)	135/125/150 W.			5100/4150/5500 g			143/155/160 Schritte		
		(1.13	1.39)		(42.5	50.9)		(1.19	1.48)	
P.	3)	157/148/144 W.			4300/2700/3600 g			147/145/150 Schritte		
		(1.62	1.54)		44.4	38.5)		(1.52	1.61)	
P.	4)	86/ 85/100 W.			1550/2550/1500 g			149/140/145 Schritte		
		(0.98	1.2)		17.6	18)		(1.69	1.73)	
P.	5)	107/100/ 96 W.			1550/1450/2800 g			142/150/145 Schritte		
		(1.44	1.3)		(20.9	37.8)		(1.92	1.96)	
P.	6)	83/88/75 W.			2100/ 450/ 250 g			105/132/124 Schritte		
		(1.12	1.01)		(28.3	3.4)		(1.42	1.68)	
P.	7)	75/ 82/100 W.			1000/ 350/1000 g			107/108/142 Schritte		
		(1.08	1.45)		(14.5	14.5)		(1.55	2.06)	
P.	8)	64/ 75/ 88 W.			250/ 600/2300 g			111/120/135 Schritte		
		(0.85	1.17)		(3.3	30.6)		(1.48	1.8)	
P.	9)	105/110/125 W.			2000/1900/2250 g			93/120/120 Schritte		
		(0.90	1.14)		(17.1	20.5)		(0.8	1.1)	
P.	10)	79/ 75/ 56 W.			1000/1250/1600			113/127/140 Schritte		
		(1.32	0.97)		(16.7	27.7)		(1.95	2.33)	

Relation der Arbeitsleistungen beim Trainingspuls 130/min,
rechnerisch als Quotient dargestellt, an den 3 Meßterminen
(1., 2., 3.).

Im einzelnen dargestellt auf den Seiten 20/21.

<u>Ergometrie[Watt]</u>	<u>Ergometrie[Watt]</u>	<u>Schwimmen [g]</u>
Schwimmen [g]	Gehen [Schr/min]	Gehen[Schr/min]

	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
P. 1)	0,031/0,033/0,033			0,708/0,018/0,033			22,24/24,62/25,17		
P. 2)	0,026/0,030/0,027			0,944/0,806/0,937			35,66/26,77/34,37		
P. 3)	0,036/0,054/0,04			1,068/1,020/0,96			29,25/18,62/24,0		
P. 4)	0,055/0,033/0,066			0,577/0,607/0,689			10,402/18,214/10,345		
P. 5)	0,069/0,068/0,034			0,753/0,666/0,662			10,915/9,666/19,310		
P. 6)	0,039/0,195/0,3			0,790/0,666/0,604			20,0/3,409/2,0		
P. 7)	0,075/0,234/0,1			0,700/0,759/0,704			9,345/3,240/7,042		
P. 8)	0,256/0,125/0,038			0,576/0,625/0,632			2,252/5,0 /17,0		
P. 9)	0,052/0,057/0,055			1,129/0,916/1,041			21,505/15,833/18,75		
P. 10)	0,079/0,06/0,039			0,699/0,590/0,4			14,159/9,842/11,428		

Die aus dem Rahmen fallenden Arbeitsleistungen des Patienten 8
erklären sich durch dessen schwache Meßergebnisse beim
Schwimmen am 1. Termin.

Beobachtung von Extrasystolen unter den verschiedenen Belastungen

	1.P.	2.P.	3.P.	4.P.	5.P.	6.P.	7.P.	8.P.	9.P.	10.P.	
1. Termin	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	insgesamt 9 Extrasyst.
2. Termin <u>Ergom.</u>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
3. Termin	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
1. Termin	0	1	2	0	0	1	0	1	2	2	insgesamt 15 Extrasyst.
2. Termin <u>Gehen</u>	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	
3. Termin	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
1. Termin	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	insgesamt 16 Extrasyst.
2. Termin <u>Schw.</u>	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	
3. Termin	2	2	0	0	1	0	0	2	0	0	

0 bedeutet - keine Extrasystolen aufgetreten
 1 bedeutet - weniger als 10 Extrasystolen/min
 2 bedeutet - mehr als 10 Extrasystolen/min

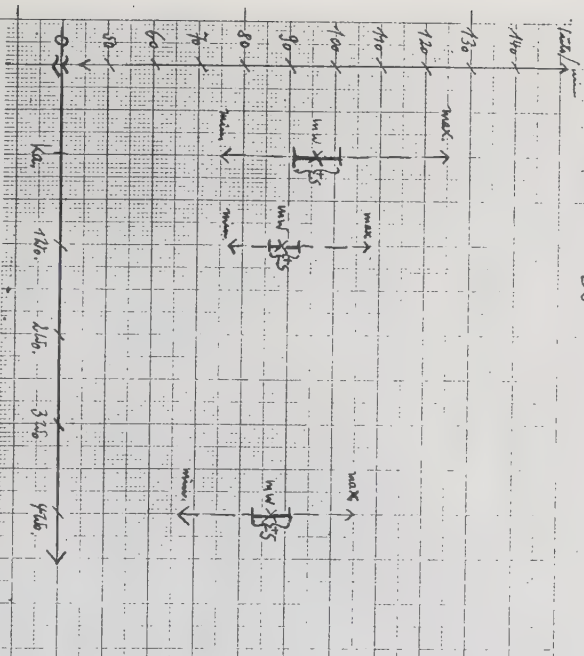
Körpergewicht der Probanden unter Berücksichtigung der Veränderungen während des Kurverlaufes (am Anfangs- und Entlassungstag gemessen).

Als Sollgewicht wurde das Normalgewicht betrachtet
(= cm über 100 in kg).

1)	112	-----	93, Sollgewicht	73 kg
2)	120	-----	108, Sollgewicht	85 kg
3)	97	-----	93, Sollgewicht	76 kg
4)	88	-----	84, Sollgewicht	77 kg
5)	74	-----	74, Sollgewicht	86 kg
6)	74	-----	74, Sollgewicht	67 kg
7)	69	-----	69, Sollgewicht	62 kg
8)	75	-----	75, Sollgewicht	77 kg
9)	117	-----	110, Sollgewicht	66 kg
10)	58	-----	60, Sollgewicht	72 kg

wie hieraus ersichtlich, waren 7 von den 10 getesteten Probanden mehr oder weniger übergewichtig, 2 hatten Untergewicht, 1 Normalgewicht. Erfreulicherweise hatten alle Adipösen während der Kur ihr Körpergewicht deutlich reduziert. Dies wurde unterstützt durch diätetische Maßnahmen und eine entsprechende Bewegungstherapie.

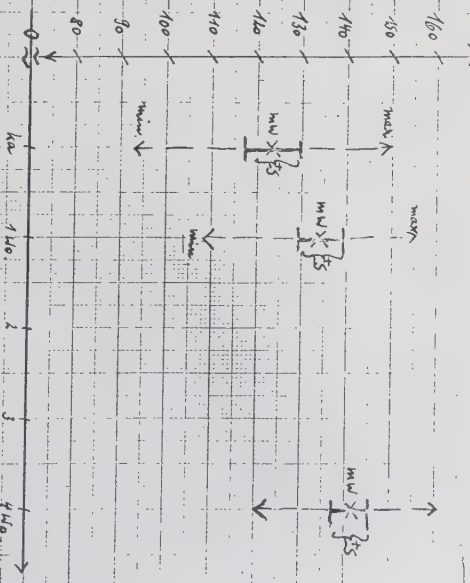
Körperbau vor Gymnastik (oben)



Die Ordinate enthält Ruhepulse/min, die Abszisse den Kurverlauf. k_a = Kurvantritt, w_o = Kurwochen.
 $\max$ = die im einzelnen höchsten Herzschlagfrequenzen, $\min$ die geringsten, $\pm s$ = die Standardabweichung des Mittelwertes (m_w, x).

Schrittlauf

Schrittlänge/min bei Puls 130/min



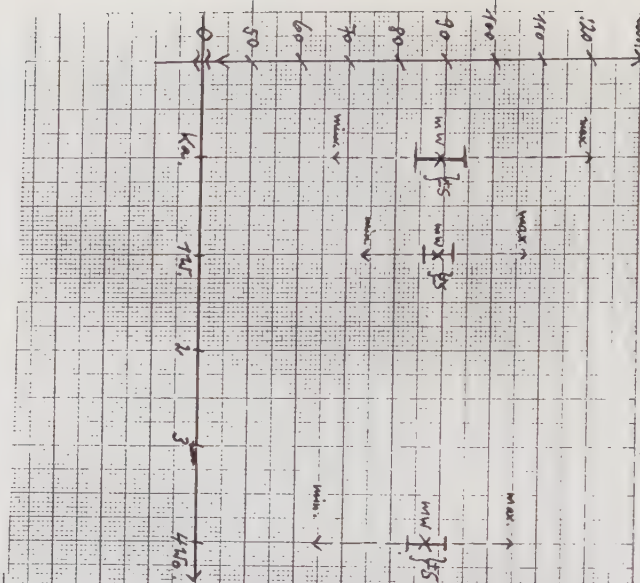
Leistungen bei der Herzschlagfrequenz 130/min:

Die Ordinate enthält die Schrittlänge/min, die Abszisse den Kurverlauf. k_a = Kurvantritt, w_o = Kurwochen. $\max$ = die im einzelnen höchsten Herzschlagfrequenzen, $\min$ = die geringsten.

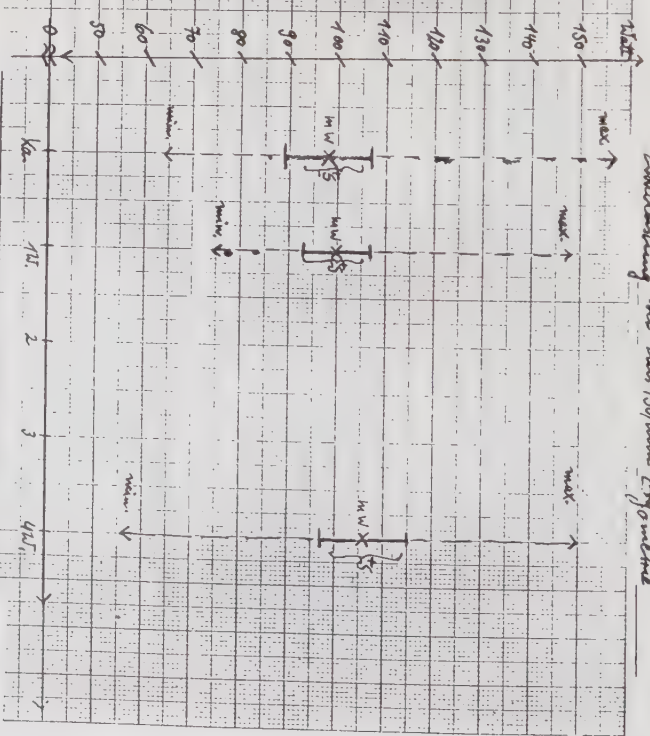
$\pm s$ = Standardabweichung des Mittelwertes (m_w, x).

2.20/1mm

Releppile vor Engmetrie



Zusammenfassung bei Bild 130/1mm Engmetrie



Die Ordinate enthält Ruheulose/min, die Abszisse den Kurverlauf. ka = Kuranttritt, Wo =

Kurwochen. max = die im einzelnen höchsten

Herzschlagfrequenzen, min die geringsten.

+s = Standardabweichung des Mittelwertes(mw).

Die Ordinate enthält Leistung in Watt, ka = Kuranttritt, W = Kur-

wochen. max= individuelle Maximal-

min = Minimalwerte. + s=Standard-

abweichung des Mittelwertes(mw, v).

Ruhepulse und
Schlämmen

120

110

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

ka

120

100

80

60

40

20

0

ka

120

100

80

60

40

20

0

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

min.

max.

max.

min.

max.

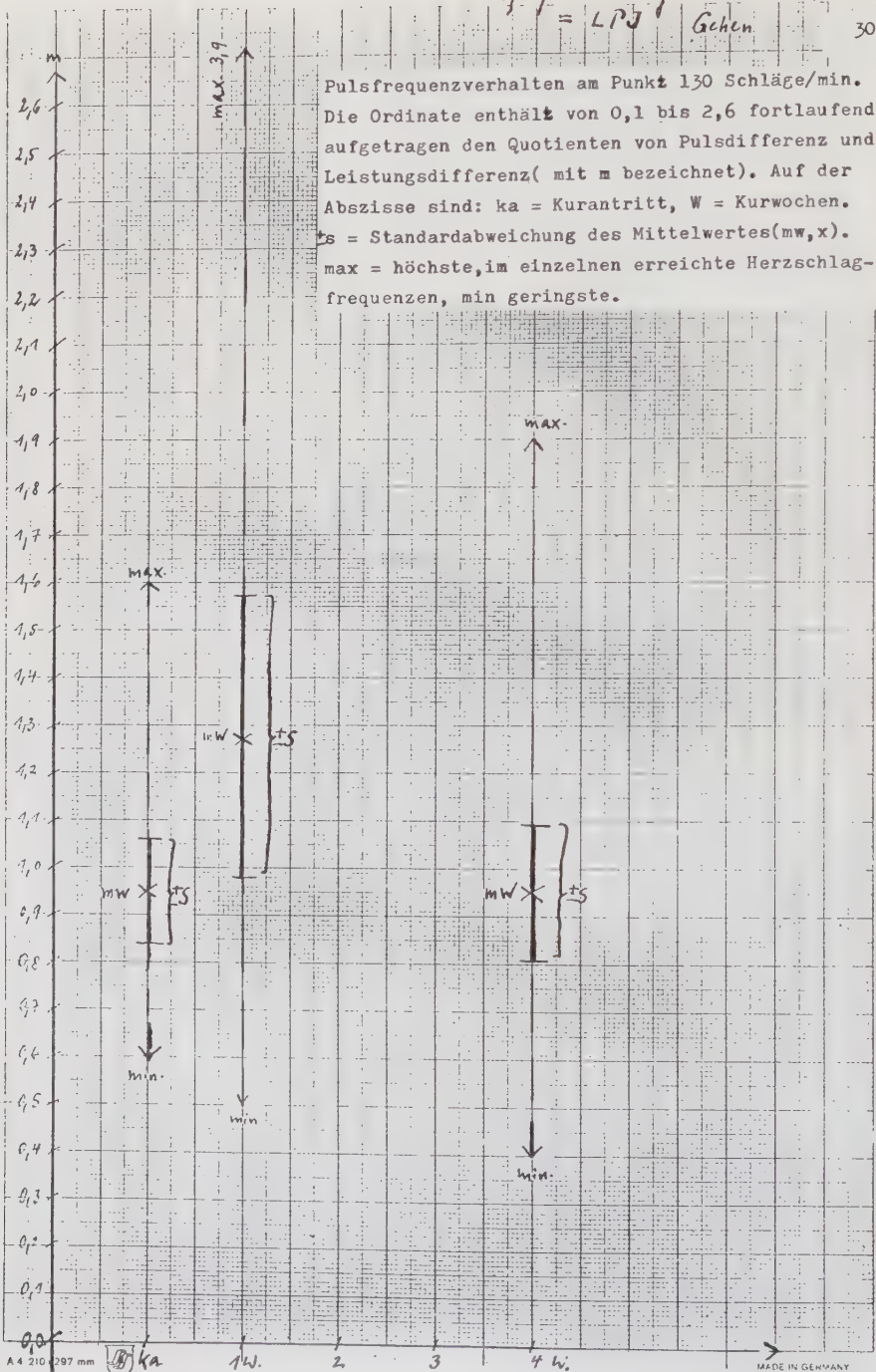
min.

max.

min.

max.

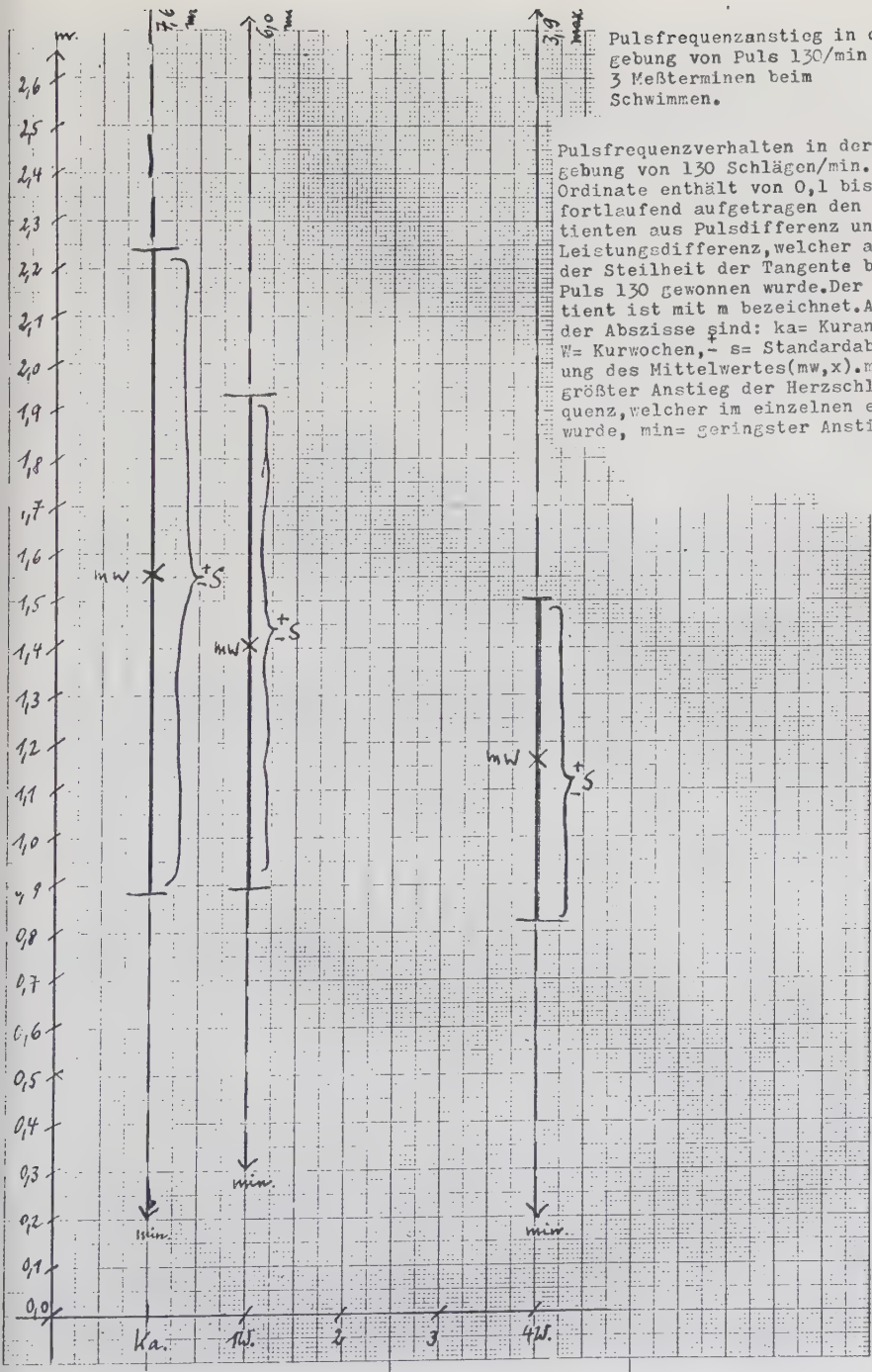
Herzfrequenzverhältnis bei mbs 150/min
 $= LPJ$ Gehen 30



Pulsfrequenzanstieg in der Umgebung von Puls 130/min an den 3 Meßterminen beim Schwimmen.

31

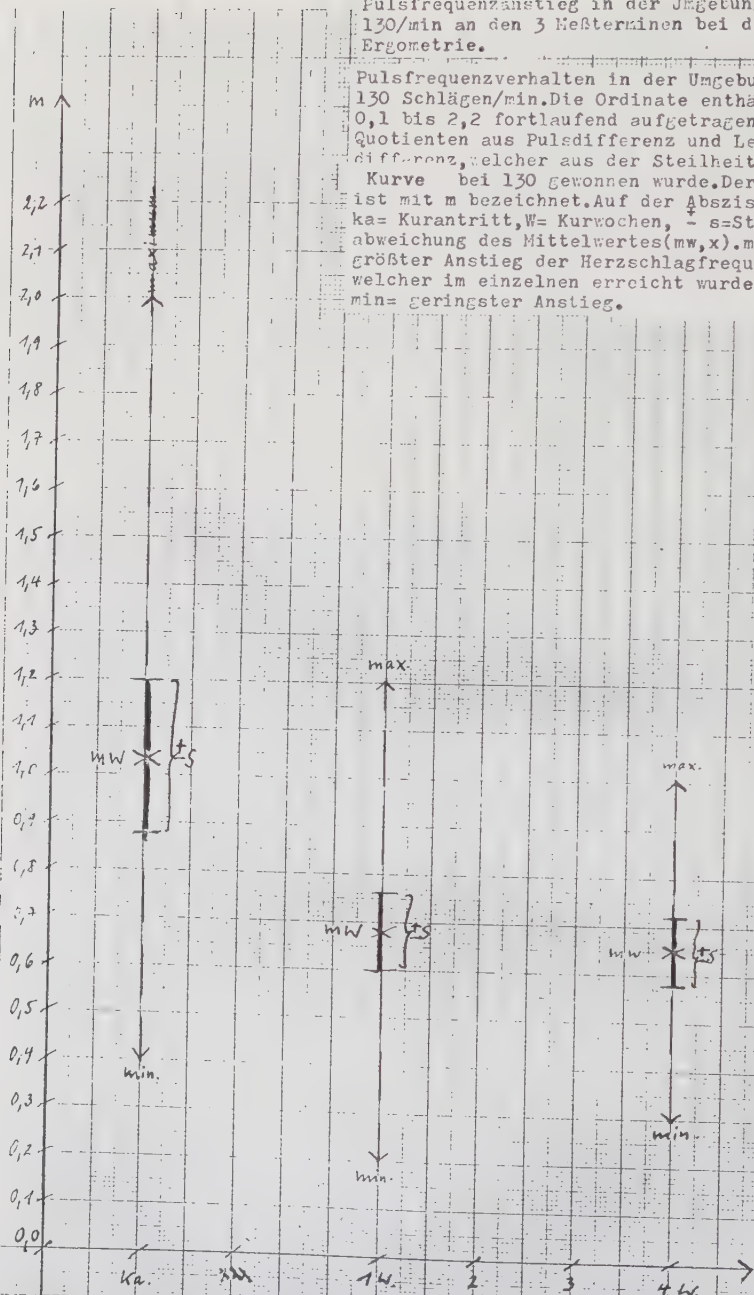
Pulsfrequenzverhalten in der Umgebung von 130 Schlägen/min. Die Ordinate enthält von 0,1 bis 2,2 fortlaufend aufgetragen den Quotienten aus Pulsdifferenz und Leistungsdifferenz, welcher aus der Steilheit der Tangente bei Puls 130 gewonnen wurde. Der Quotient ist mit m bezeichnet. Auf der Abszisse sind: k_a = Kurantritt, w = Kurwochen, s = Standardabweichung des Mittelwertes (m, x). $m_{\max}$ = größter Anstieg der Herzschlagfrequenz, welcher im einzelnen erreicht wurde, $m_{\min}$ = geringster Anstieg.

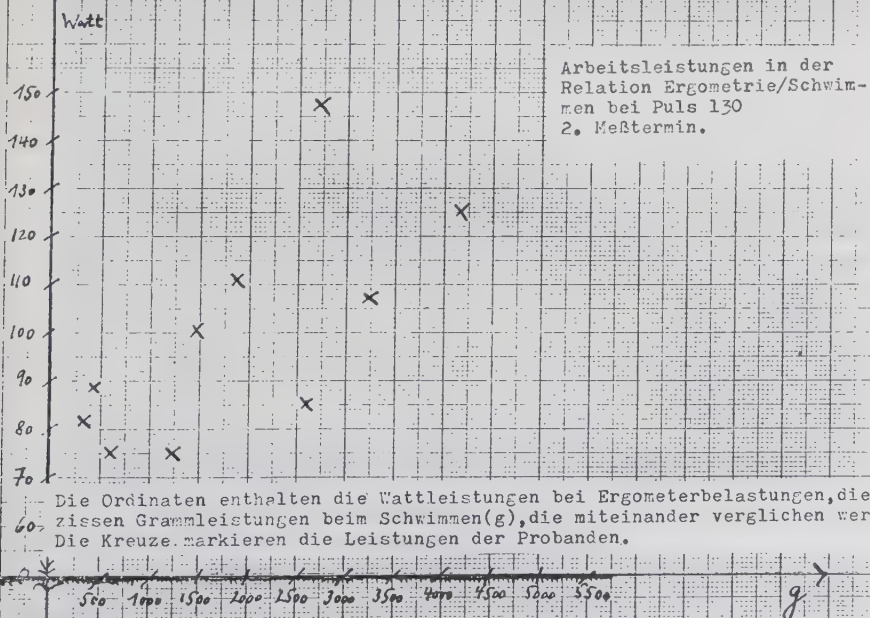
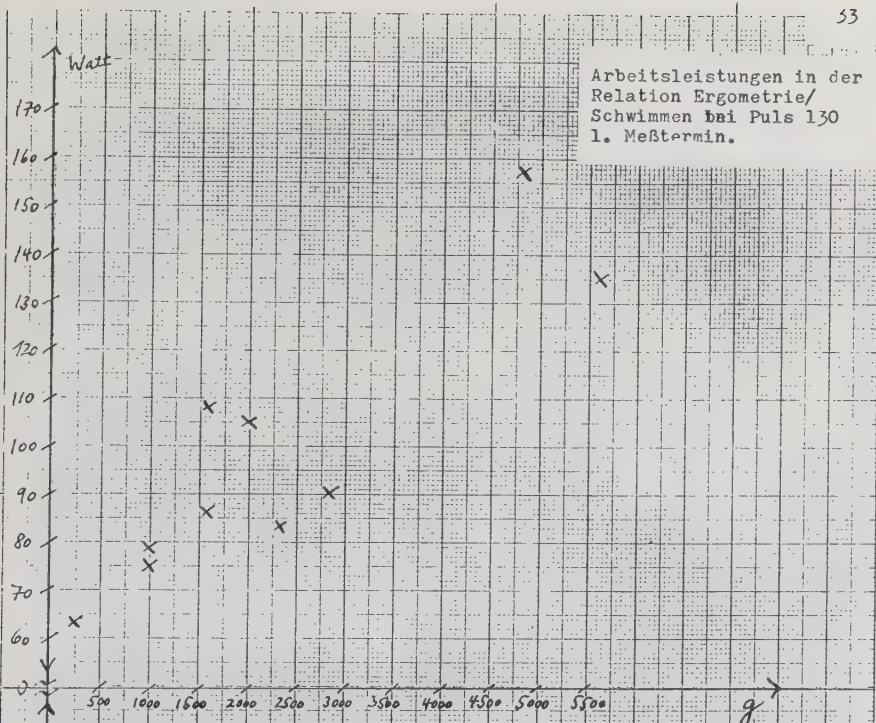


Pulsfrequenzanstieg in der Umgebung des Pulses 130/min an den 3 Messterminen bei der Ergometrie.

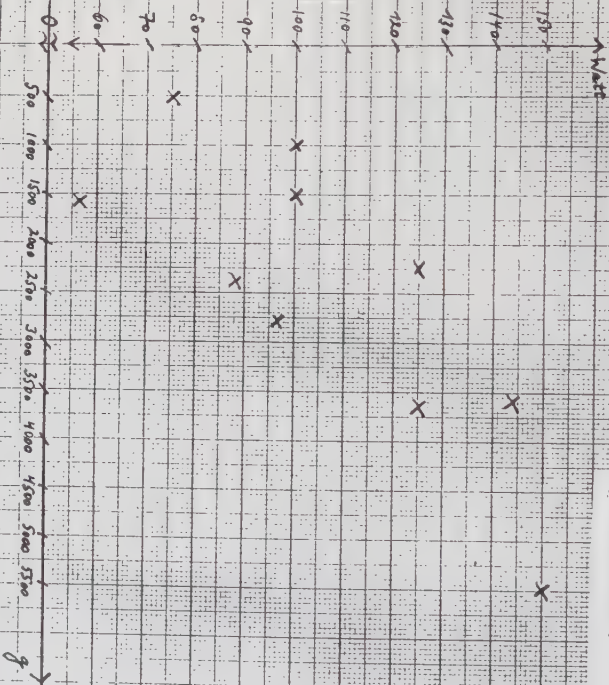
32

Pulsfrequenzverhalten in der Umgebung von 130 Schlägen/min. Die Ordinate enthält von 0,1 bis 2,2 fortlaufend aufgetragen den Quotienten aus Pulsdifferenz und Leistungs-differenz, welcher aus der Steilheit der Kurve bei 130 gewonnen wurde. Der Quotient ist mit m bezeichnet. Auf der Abszisse sind: k_a = Kurantritt, W = Kurwochen, s = Standardabweichung des Mittelwertes (m_w, x). $\max$ = größter Anstieg der Herzschlagfrequenz, $\min$ = geringster Anstieg.





Arbeitsleistungen in der
Relation Ergometrie/Schwim-
men bei Puls 130
3. Meßtermin.

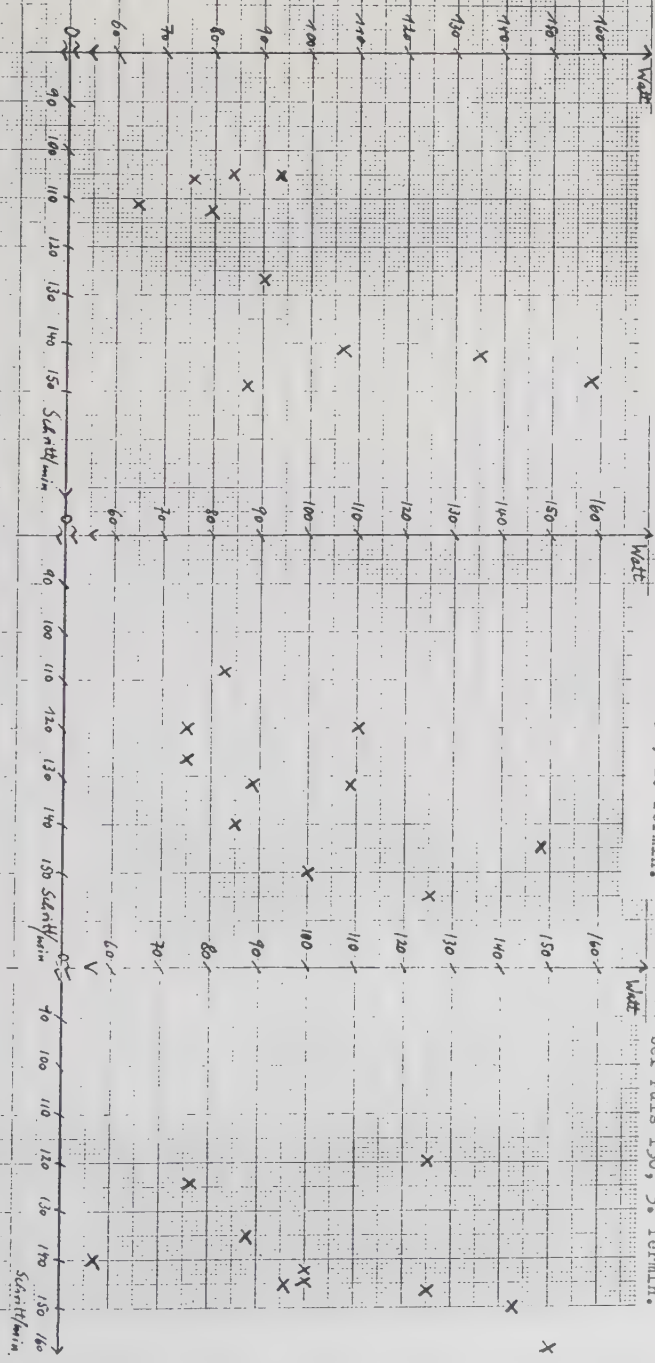


Die Ordinate enthält Wattleistungen der Ergometerbelastungen am
3. Meßtermin, die Abszisse Grammleistungen (g) beim Schwimmen, die
miteinander verglichen werden. Die Kreuze markieren die Leistungen
der Probanden.

Arbeitsleistungen in der
Relation Ergometrie/Gehen
bei Puls 130, 1. Termin.

Arbeitsleistungen in der
Relation Ergometrie/Gehen
bei Puls 130, 2. Termin.

Arbeitsleistungen in der
Relation Ergometrie/Gehen
bei Puls 130, 3. Termin.

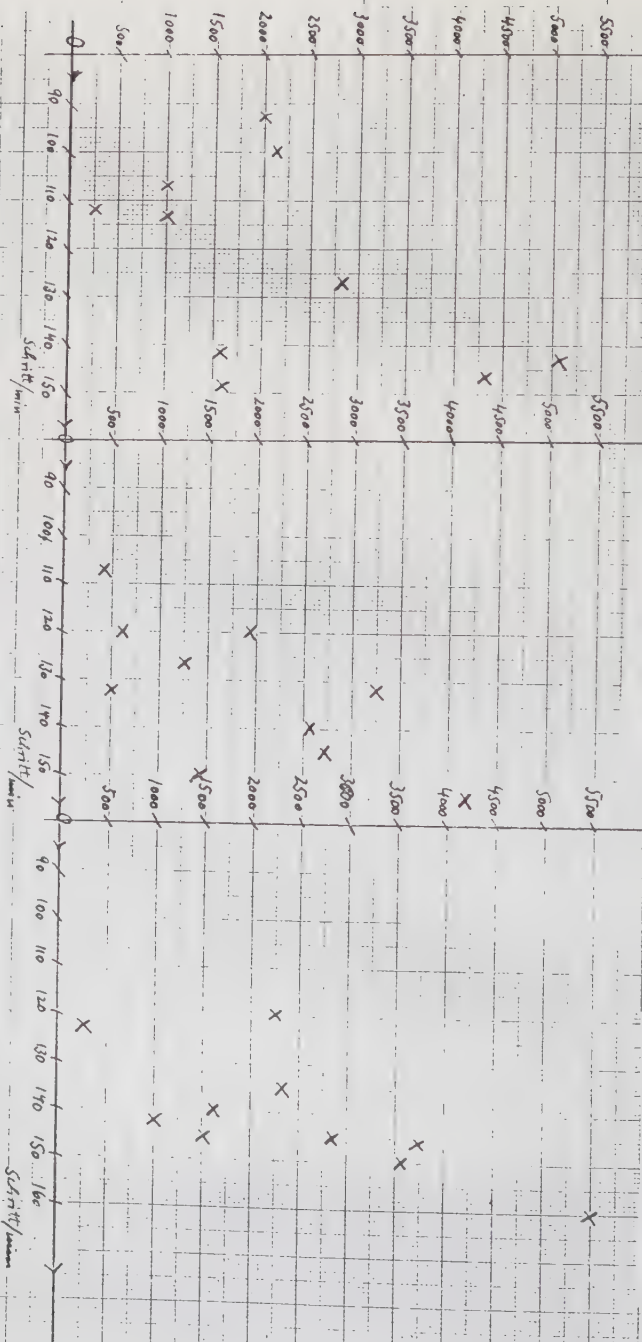


Die Ordinate enthalten jeweils die Wattleistungen bei den Ergometrieleistungen, die Abszissen die Anzahl der Schritte/min, die miteinander verglichen werden. die Kreuze bezeichnen die Leistungen der Probanden an den 3. Terminen.

Arbeitsleistungen in der
Relation Schwimmen/Gehen
bei Puls 120, 1. Termin.

Arbeitsleistungen in der
Relation Schwimmen/Gehen
bei Puls 120, 2. Termin.

Arbeitsleistungen in der
Relation Schwimmen/Gehen
bei Puls 120, 3. Termin.



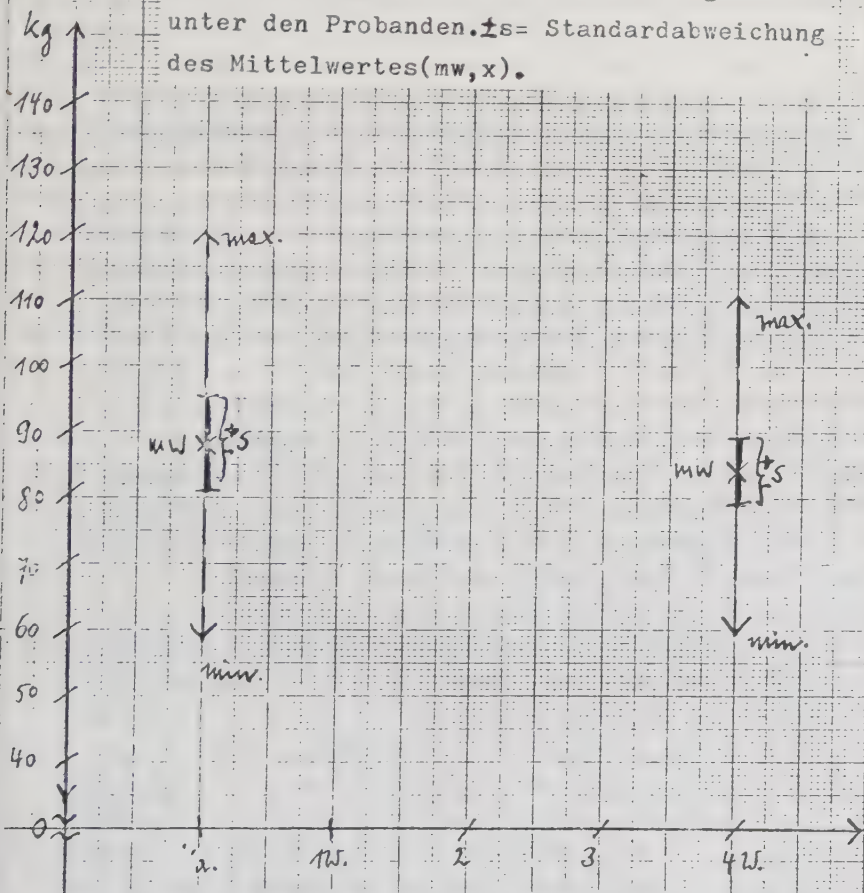
Die Ordinateen enthalten jeweils die Grammleistungen (G) beim Schwimmen an den 3 Meßterminen, die Abszissen die Schrittzahlen/min. Die Kreuze bezeichnen die Leistungen der Probanden.

Gewichtsverhalten während der Kur.

Ordinate Gewichte in Kilogramm(kg).

Abszisse: ka= Kurantritt, W= Kurwochen.

max= Maximalgewichte, min= Minimalgewichte
unter den Probanden. $\pm s$ = Standardabweichung
des Mittelwertes(mw, x).



Ergebnisse:

Alle Arbeitsbelastungen am Fahrradergometer und alle Gehbelastungen wurden von allen Probanden ohne größere Schwierigkeiten bewältigt. Anders war die Situation beim Schwimmen, welches subjektiv bei weitem am anstrengendsten von allen Probanden empfunden, jedoch durchaus gerne *ad-*
*solvier*t wurde. Dementsprechend wurden von 2 Probanden die Schwimmbelastungen nicht vollständig bewältigt, nämlich von Proband T. die 3. Belastungsstufe von 3500 g und 4500 g am 1. und 2. Meßtermin, von Proband W. die jeweils 3. Belastungsstufen von 3500 g an allen 3 Meßterminen. Beide waren nach eigenen Angaben wenig schwimmgeübt. Beim Schwimmen wurde außerdem die Anzahl der Schwimmzüge /min durch Auszählen über 30 sec. festgestellt. Die niedrigste Armzugfrequenz war dabei 20 Züge/min (bei einer niederen Belastungsstufe) und korrelierte im übrigen mit einer niederen Belastungsherzschlagfrequenz als Ausdruck einer guten Leistungsfähigkeit, die höchste lag bei 54 Zügen/min bei einem der ungeübteren Schwimmer, der eine hohe Belastungsherzschlagfrequenz aufwies.

Wie aus den Tabellen und Graphiken ersichtlich, lagen die Ruhepulse der 10 Probanden vor den Ergometerbelastungen mit 89 Schlägen pro Minute gering unter denen beim Schwimmen mit 89,7/min, diejenigen vor dem Gehen fielen mit 95,7/min etwas aus dem Rahmen. Am 2. Termin hatten sich die Ruhepulse schon weitgehend angeglichen, die niedrigsten wurden beim Schwimmen erreicht, dann folgten Ergometrie und Gehen, dieselbe Reihenfolge bestand auch am 3. Termin. Auffällig waren ferner die hohen Ruhepulse vor dem Gehen am 1. Termin. Hier dokumentierte sich auch die ausgeprägteste Streuung aller Belastungsarten.

Beim Vergleich der Belastungsherzschlagfrequenzen der Probanden wurden in den jeweils 1. Belastungsstufen weder bei der Ergometerbelastung (75 Watt) noch beim Schwimmen (1000 g) oder Gehen (100 Schritt) die für diese Altersgruppe geforderte Trainingsherzschlagfrequenz (9, 14) von 130 Schlägen/min erreicht.

Ferner interessierte zunächst das proportionale Verhältnis von Belastungsdosierung und dabei erzielter Herzschlagfrequenz. Der seit MELLEROWICZ bekannte lineare Zusammenhang zwischen Belastung und Belastungspuls ließ sich hinsichtlich der Ergometrie bei 7 von 10 Probanden nachweisen, die restlichen 3 hatten bei 125 bzw. 150 Watt einen steilen Anstieg der Herzschlagfrequenz in den 3. Belastungsstufen gegenüber den 1. beiden aufzuweisen. Den Ergometerleistungen am nächsten kamen die Gehtests, wo sich bei 4 von 10 Probanden an allen 3 Terminen ein linearer Zusammenhang feststellen ließ, die übrigen Probanden hatten an verschiedenen Terminen einen steilen Pulsanstieg bei 140 bzw. 150 Schritt. Beim Schwimmen hingegen erreichte nur 1 Proband an allen 3 Terminen eine lineare Beziehung zwischen Belastung und Belastungspuls. Alle übrigen fielen durch z.T. ausgeprägte steile Anstiege der Herzschlagfrequenzen zumeist bei 3500 g, 1x bei 4500 g an mehreren Meßterminen auf. Dabei lagen die Frequenzen erheblich über der Trainingsherzschlagfrequenz von 130/min.

Nach Elimination eines sehr schwimmungeübten Probanden (Proband Nr. 6) dessen durch Interpolation gewonnenen Belastungspulse besonders am 3. Termin aus dem Rahmen fielen und nicht reell zu werten waren, kam das Schwimm-
ergebnis mit dann 18,77, 20,77 und 13,66 Schlägen über den Trainingsherzschlagfrequenzen den Ergometerergebnissen weitgehend nahe. Die 3 Belastungsarten unterschieden sich wenig im Ausmaß ihrer Streuung um den Mittelwert. Eine Ausnahme stellte der 1. Termin der Ergometrie mit einer ausgeprägten Streuung dar, wenn man die Veränderungen der Arbeitsleistungen in den 3 Bewegungsarten während des Kurverlaufs isoliert betrachtet, da sie sich wegen ihrer unterschiedlichen Qualität ja nicht untereinander vergleichen lassen.

Beim interessierenden Trainingspuls von 130/min wurde von den Probanden während der Kur folgende Arbeit geleistet: bei der Ergometrie am 1. Meßtermin 98,1 Watt, am 2. Meßtermin schon 99,6 Watt, schließlich als Ausdruck einer deutlichen Leistungssteigerung am 3. Termin 105,9 Watt. Beim Schwimmen wurden nacheinander am 1. Termin 2167 g, am 2. Termin 1865 g und am 3. Termin 2450 g im Durchschnitt bewältigt. Die entsprechenden Daten waren beim Gehen 123,7 Schritt/min, 132,9 Schritt/min und dann schon 140,8 Schritt/min. Als Parameter zur Beurteilung des Pulsverhaltens der Probanden in der Umgebung ihres Trainingspulses von 130 wurde ferner der Leistungspulsindex $\underline{m}$ herangezogen. Wie o.a. ließ der Grad ab- oder zunehmender Steilheit der Tangente an der Marke der Herzschlagfrequenz von 130 oder eines rechnerisch kleineren bzw. größeren Quotienten Rückschlüsse auf das Pulsverhalten zu. Hier interessierte nun das Verhalten von $\underline{m}$ während des Kurverlaufs in den 3 Belastungsarten. Bei der Ergometrie bewegten sich die Mittelwerte von $\underline{m}$ von 1,04 (1. Meßtermin) über 0,68 (2. Meßtermin) auf 0,65, beim Gehen von 0,95 (1. Termin) über 1,27 (2. Termin) auf 0,95 (3. Termin), beim Schwimmen von 1,55 (1. Termin) über 1,40 (2. Termin) auf 1,16. Ausgeprägte Streuungen um den Mittelwert traten beim Schwimmen am 1. und 2. Meßtermin gegenüber dem

3. auf, vergleichsweise ebenso beim Gehen 2. Termin gegenüber dem 1. und 3. Termin. Gleichmäßig geringe Streuungen waren bei den Ergometerbelastungen an allen 3 Terminen nachweisbar. Bemerkenswert war ebenfalls beim Schwimmen eine Abnahme der Streuung des Leistungspulsindex während des Kurverlaufs.

Insgesamt läßt sich sagen, daß die Probanden mit überdurchschnittlich hohen Ruhepulsen auch die höchsten Belastungspulse erreichten. Auch waren die Probanden mit den höchsten Belastungspulsen in allen 3 Bewegungsarten "gleich schlecht". Umgekehrt gilt dasselbe für Probanden mit niedrigen Ruhe- und Belastungspulsen.

Zur Untermauerung der Veränderungen der Meßergebnisse während des Kurverlaufs bot sich zur Prüfung auf Signifikanz der t-Test mit verbundenen Stichproben an. Dabei bedeuten nach der Formel

$$\frac{(x_1 - x_2)}{\sqrt{S_{x1}^2 + S_{x2}^2}}$$

x_1 =Mittelwerte der Arbeitsleistungen nach der Kur, x_2 =Mittelwerte vor der Kur, S_{x1} = Standardabweichung des Mittelwertes nach der Kur, S_{x2} = Standardabweichung d.M. vor der Kur. Der t-Test brachte bei den Ruhepulsveränderungen keine Signifikanz in deren Abweichungen. Bei den Leistungspulsen waren die Meßergebnisse beim Gehen im Vergleich des 1. mit dem 3. Termin auf dem 5%-Niveau signifikant verschieden, Ergometerleistungen und Schwimmen nicht. Die Abnahme der Steigung m am Trainingspuls 130 war als Ausdruck einer deutlichen Leistungssteigerung der Probanden bei der Ergometerbelastung im Verlauf der Kur ebenfalls auf dem 5%-Niveau, Gehen auf dem 10%-Niveau signifikant.

Die Belastungspulse der Probanden ließen sich auch im Vergleich untereinander rechnerisch und graphisch in Relation setzen, um somit anschaulich die unterschiedlichen Veränderungen der Arbeitsleistungen in den 3 Belastungsarten während des Kurverlaufs zu dokumentieren. Als Vergleichsmöglichkeit wurden die Leistungen beim Trainingspuls 130 herangezogen. Rechnerisch ließen sich die Relationen der Arbeitsleistungen

als Quotient zwischen Ergometrie und Schwimmen, Ergometrie und Gehen sowie Schwimmen und Gehen darstellen. Im Vergleich zwischen Ergometerleistungen und Schwimm-
ergebnissen steigerten dabei mehr Probanden ihre Leistungen ausgeprägter auf dem Fahrradergometer als beim Schwimmen, wenn auch nicht in sehr gravierendem Maße. Hingegen konnten die Arbeitsleistungen beim Gehen mehr gesteigert werden als bei den Fahrradergometerbelastungen, wie aus der entsprechenden Änderung des Quotienten, also des LP_i , in der betreffenden Tabelle ersichtlich. Im Vergleich zwischen Schwimmen und Gehen traten ausgeprägte Schwankungen zugunsten beider Bewegungsarten auch unterschiedlich an den verschiedenen Meßterminen auf, so daß hier kein Trend in eine Richtung zu erkennen war.

Bei der Prüfung der Herzstromkurven interessierte auch, ob und wie gehäuft unter den verschiedenen Belastungen Herzrhythmusstörungen auftraten und ob sich die Bewegungsarten darin untereinander unterschieden. Zunächst kann festgestellt werden, daß schwerwiegende Störungen des Sinusgrundrhythmus wie kurzfristige Asystolien oder schnelle Kammeraktionen wie Salvenextrasystolen oder gar Kammerflimmern o. dgl. nicht auftraten. Dagegen wurden in allen 3 Bewegungsarten Extrasystolen erfaßt, deren Unterscheidung in supraventrikuläre oder ventrikuläre Extrasystolen wegen des langsamen Papier-vorschubs von 12 mm/sec. nicht möglich war. Wie aus der Tabelle ersichtlich, traten bei der Ergometerbelastung bei 5 von 10, beim Gehen bei 8 von 10 und beim Schwimmen bei 7 von 10 Probanden überhaupt Extrasystolen auf. Im Gegensatz zur Ergometrie und zum Gehen waren diese beim Schwimmen sowohl insgesamt gehäuft als auch über mehr Untersuchungs-
termine verstreut.

Diskussion der Ergebnisse:

In dieser Arbeit lassen sich folgende Komplexe inhaltlich zusammenfassen und diskutieren:

- 1) Zuverlässigkeit und Meßgenauigkeit der angewandten Geräte und technischen Einrichtungen.
- 2) Untersuchungssituation während der Belastungen. Zustand der Probanden.
- 3) Auswirkungen von 3 verschiedenen Belastungsarten auf die Herzschlagfrequenz als Leistungsparameter. Möglichkeiten der Standardisierung, Dosierung und Vergleichbarkeit der Bewegungsarten Gehen und Schwimmen und Normierung dieser auf Belastungen auf dem Fahrradergometer.
- 4) Auswirkungen einer Kneippkur auf diese Kenngrößen.
- 5) Diskussion der Belastungsherzschlagfrequenzen als alleiniger Leistungsparameter. Erkennen von Herzrhythmusstörungen.
- 6) Ausblicke und Verbesserungsvorschläge für weiterführende Untersuchungen.

ad 1) Funktion, Zuverlässigkeit und Meßgenauigkeit der Ergometrieeräte wurden schon bei MELLEROWICZ (20) eingehend untersucht und bedürfen deshalb keiner näheren Erläuterung, da auch bei den hier durchgeführten Belastungen ein derartiges Gerät benutzt wurde. Anders verhält es sich mit der Schwimmkranvorrichtung, die in dieser Form noch nicht beschrieben wurde. Hier könnte ein geringer Einfluß von Reibungswiderständen an den kugelgelagerten Rollen in Form einer Reduzierung der tatsächlichen Belastungen in Betracht gezogen werden. Diese Beeinflussung der Meßergebnisse ist jedoch wegen der relativ hoch gewählten Belastungsbereiche tolerabel. Im übrigen hat sich die Schwimmkranvorrichtung von der Funktion her durchaus bewährt. Beim Gehen war keine ausschließlich der Belastungsdurchführung dienende Vorrichtung notwendig. Hier müssen allerdings ebenso wie beim Schwimmen noch gewisse anatomische und physiologische Gegebenheiten der Probanden miteinbezogen werden.

Diese kommen durch unterschiedliche Armzüge beim Schwimmen und nicht identischen Schrittlängen der allerdings weitgehend gleichgroßen Probanden zum Tragen. Diese wurden deshalb aufgefordert, möglichst ruhig und gleichmäßig zu schwimmen und mit gleichgroßen, weit ausholenden Schritten zu gehen.

Nicht bewährt haben sich die von STEIN, WOITOWITZ, MATZDORFF und Mc. ARDLE (28, 34, 19, 1) empfohlenen Elektrodenanordnungen am Rücken oder an der Brust der Ableitung Nehb A entsprechend, da hierbei besonders beim Brustschwimmen und Gehen starke Überlagerungen der EKG-Kurven durch Muskelaktionspotentiale auftraten. Reinere Kurven ließen sich durch Anordnung der Elektroden prästernal übereinander der Ableitung V2 entsprechend erreichen. Eine zusätzliche Stabilisierung konnte durch die Anwendung der Klebefolien erreicht werden.

Bei der Auswertung der EKG-Kurven war das Erkennen von Extrasystolen und Störungen des Grundrhythmus bei dem gewählten Papiervorschub von 12 mm/sec. etwas erschwert. In Kauf genommen wurde dieser gewisse Nachteil durch die Möglichkeit der fortlaufenden EKG-Schreibung während der Belastungen, die später ein lückenloses Studium der EKG-Streifen zuließ. Dies wäre bei einem schnelleren Papiervorschub von 25 oder gar 50 mm/sec. wegen des dann doppelten bzw. vierfachen Papierverbrauches unübersichtlich und unwirtschaftlich geworden.

ad 2) Die exogenen Untersuchungsbedingungen, wie Tageszeit, Luft- und Wassertemperaturen, waren in vertretbaren Grenzen konstant. Insbesondere die Wassertemperaturen lagen mit 25 Grad Celsius in der von Mc. ARDLE (1) empfohlenen Größenordnung, so daß eine Reduzierung der Belastungsherzschlagfrequenzen durch niedrigere Wassertemperaturen nicht zum Zuge kam. Die Probanden wurden vorher eingehend über Untersuchungsablauf und -bedingungen informiert und hatten genug Zeit, sich mit den einzelnen Geräten vertraut zu machen, so daß

emotionelle Faktoren von dieser Seite, die die Untersuchungsergebnisse hätten beeinflussen können, weitgehend eingeschränkt wurden.

Es handelt sich um relativ untrainierte, nur männliche Probanden, so daß geschlechtsspezifische Leistungsunterschiede (20) nicht zum Tragen kamen. Die Probanden waren bei den Belastungen gut ausgeruht, da sie 2 Stunden vor den Tests keine Kuranwendungen erhielten und auch nicht anderweitig belastet wurden. Medikamente, die die Belastungsherzschlagfrequenzen der Probanden hätten beeinflussen können (wie z.B. β -Blocker u. dgl.), wurden nicht verabreicht.

ad 3) Neben der Belastung auf dem Fahrradergometer galt es in dieser Arbeit andere Bewegungsarten auf ihre Verwendungsmöglichkeit zur Messung der Leistungssituation von Probanden zu untersuchen, insbesondere, da STEIN (28) und andere Autoren der Ansicht sind, daß die Beurteilung der Herzschlagfrequenz durch alleinige Belastung auf dem Fahrradergometer nicht ausreicht und sich damit vor allem Herzrhythmusstörungen nicht ausreichend erfassen lassen. Hierzu boten sich neben dem Gehen als natürlicher Bewegungsart das Schwimmen mit seiner günstigen Auswirkung auf das Kreislaufverhalten an (15, 23, 26, 25). Bisher fehlen eindeutig definierte Belastungsdosierungen von Schwimmen und Gehen. Bewährt hat sich in diesem Zusammenhang die Versuchsanordnung beim Schwimmen auf der Stelle an der Schwimmkranvorrichtung, welche eine Vergleichbarkeit der Testergebnisse sowie eine Standardisierung der Belastungen besser zuläßt, als das von STEIN (26) und Mc. ARDLE (1) beschriebene und empfohlene freie Schwimmen. RULFFS (25) beschreibt zwar ebenfalls das Schwimmen auf der Stelle und empfiehlt dieses als sinnvolle Trainingsmöglichkeit, hat hierfür jedoch keine exakten Dosierungsvorschläge zur Belastung angegeben. Neben den Belastungsherzschlagfrequenzen unter den verschiedenen Belastungsstufen in den 3 Bewegungsarten interessierte besonders die für diese Altersgruppe relevante Herzschlagfrequenz, die als Trainingsreiz für

Ausdauerleistungen und Schwelle der allgemeinen körperlichen Leistungssteigerung gefordert wird. Sie liegt nach DREWS (9) und HOLLMANN (14) bei etwa 130 Schlägen /min. Diese wurde im Durchschnitt der Probanden bei der Fahrradergometerbelastung bei 100 Watt, dem Schwimmen mit einer Bewältigung von 2000 g an der Schwimmkranvorrichtung und dem Gehen bei 140 Schritten /min erreicht oder knapp überschritten. Die genannten Belastungen sind also als Dosierungsvorschläge für diese Altersgruppe zwischen 32 und 45 Jahren zu empfehlen. Höhere Belastungen, wie die jeweils 3. Stufen beim Schwimmen (3500 bzw 4500 g) und bei der Ergometerbelastung (125 bzw. 150 Watt) erzeugten Herzschlagfrequenzen, die deutlich über 130/min lagen und mit individuellen Spitzenfrequenzen von einzelnen Probanden zwischen 180 und 200/min in Bereiche vorstießen, die Sportler unter Ausbelastung vor allem beim Laufen und Schwimmen im Submaximal- bis Maximalbereich erreichten (13, 14, 12, 21). Diese hohen Frequenzen sind wohl auf den Trainingsmangel einzelner Probanden zurückzuführen, während die Ungeschicklichkeit z.B. beim Schwimmen nach Mc. ARDLE (1) keinen nennenswerten Einfluß auf die Belastungs Herzschlagfrequenzen haben soll. Bezüglich der Arbeitsbelastung der Probanden stellte sich unter anderem auch die Frage der notwendigen Belastungsdauer. Nach den Untersuchungen von MELLEROWICZ, STEIN und REINDELL (20, 22, 27) wird die Forderung eines steady state erreicht, nämlich die Konstanz der Kreislauftsituation bei gleicher Belastung innerhalb der hier gewählten Belastungsintensität (1-2 Watt/kg KG) am Ende der 3. Belastungsminute. Vor der Erörterung der verschiedenen Belastungspulse seien kurz die Ruhepulse betrachtet. Auffallend waren die durchschnittlich hohen Ruhepulse der Probanden vor dem Gehen am 1. Termin, während sie sich am 2. und 3. Termin nur noch geringfügig gegen diejenigen vom Schwimmen und der Ergometerbelastung abhoben. Möglicherweise spielten durch zuschauende Kurgäste ausgelöste emotionelle Faktoren (32) eine Rolle. Eine Relation

zwischen Ruhe- und Belastungspulsen ließ sich in allen 3 Bewegungsarten in soweit herstellen, als die Probanden mit hohen Ruhepulsen auch hohe Belastungspulse aufwiesen. Vergleicht man nun die Belastungspulse mit den Meßdaten anderer Autoren, so entsprechen diejenigen bei der Fahrradergometerbelastung im Belastungsbereich von 1 Watt/kg KG (rechnerisch ermittelt aus den Tabellen ab Seite 15), denen von MELLEROWICZ (20), der in seinen großen Feldstudien allerdings jüngere Probanden untersucht hat. Die hier in den Bereichen über 1,5 Watt/kg KG erzielten höheren Frequenzen sind deshalb vermutlich auf das höhere Lebensalter zurückzuführen. Der seit MELLEROWICZ bekannte lineare Zusammenhang zwischen Belastung und Belastungspuls ließ sich eindeutig bei der Ergometrie, weniger beim Gehen, praktisch nicht beim Schwimmen (nur bei 1 Proband) nachweisen.

Über Belastungspulse beim Schwimmen haben vor allem STEIN, HÜLLEMANN, Mc. ARDLE und RIECKERT berichtet, allerdings erstreckten sich die Untersuchungen alle miteinander auf das freie Schwimmen ohne genauere Belastungsdosierung. Sie weisen deshalb auch entsprechend ausgeprägte Schwankungen auf. So entsprechen die von STEIN (26) bei Herzinfarktpatienten ebenso wie diejenigen, die RIECKERT bei mäßig schnellem Brustschwimmen feststellte, mit Frequenzen von 120-135/min in etwa einer Belastung mit 2000 g an der Schwimmkranvorrichtung. Hingegen wurden die von HÜLLEMANN (15) ebenfalls bei Herzinfarktpatienten und deshalb nicht absolut vergleichbaren festgestellten durchschnittlichen Spitzenpulse von etwa 150 Schlägen/min erst mit einer Belastung von 3500 g erreicht. Mc. ARDLE hat trainierte College-Schwimmer im Submaximalbereich untersucht und kann deshalb nicht zum Vergleich herangezogen werden.

Ähnlich wie HÜLLEMANN und Mc. ARDLE beim Schwimmen hat FRIEDMANN (10) Orientierungshilfen zur Belastungsdosierung beim Gehen gegeben. Seine Untersuchungen erstrecken sich auf Schrittdosierungen und Wattäquivalente

bei der Ergometerbelastung. Dabei entsprachen 100 Schritt (auf leicht ansteigendem Gelände) etwa 100 Watt Ergometerleistung und 110-120 Schritt/min etwa 125 Watt Ergometerleistung. Diese Wattäquivalente auf der Vergleichsbasis der Pulsfrequenz wurden hier beim Gehen zu ebener Erde nicht erreicht, vielmehr entsprachen die bei 100 Schritt/min erreichten Frequenzen nur einer Wattleistung von unter 75, die 120 Schritt/min am 2. und 3. Meßtermin 75 Watt.

Vor allem STEIN (29) hat im Rahmen umfangreicher Untersuchungen Relationen zwischen Gehen, Schwimmen und Ergometerbelastung hergestellt. Allerdings fehlen auch hier vergleichbare Belastungsdosisempfehlungen. Die bei ihm durchschnittlichen Herzschlagfrequenzen bei mäßig schnellem Gehen mit 109/min entsprechen der 1. Belastungsstufe mit 100 Schritt/min. Wenn man versucht, die Schritt/min in km/h umzurechnen, lassen sich auch diesbezüglich Vergleiche mit den Steinschen Untersuchungen anstellen. Legt man für die durchschnittliche Schrittlänge eines erwachsenen Mannes 60 cm zu Grunde, wie ich bei einschlägigen Tests feststellte, dann entsprechen 100 Schritt/min 3,6 km/h, 120 Schritt/min 4,32 km/h und 140 Schritt/min 5,04 km/h. Die letztgenannte Belastungsstufe läßt sich dann mit der von STEIN mit 5,28 km/h im Gelände vergleichen. Dieser fand mittlere Maximalwerte von 131 Schlägen/min, die fast exakt denjenigen von 140 Schritt/min am 3. Meßtermin entsprachen. Die von MATZDORFF (19) gefundenen Herzschlagfrequenzen von etwas über 100 Schlägen/min bei mäßigem Gehen zu ebener Erde wurden schon mit 100 Schritt/min erreicht; natürlich konnten die von ihm mit deutlich über 140 Schlägen/min am Berg beobachteten auch bei der höchsten Belastungsstufe beim Gehen zu ebener Erde nicht erreicht werden. Im selben Rahmen bewegen sich die Herzschlagfrequenzen, die KIRCHHOFF (17) beim Bergwandern fand, allerdings mit einer großen Streubreite. STEIN (26) beobachtete beim Brustschwimmen Frequenzen um 135/min, die bei ihm

125 Watt Fahrradergometerbelastung entsprachen. Diese Belastungspulse wurden hier schon bei 100 Watt auf dem Fahrradergometer erreicht und entsprechen einer Belastung von 2000 g an der Schwimmkranvorrichtung, die ja als Dosisempfehlungen für die altersentsprechende Trainingsherzschlagfrequenz angegeben wurde.

ad 4) Neben der 1. Belastungsuntersuchung am Kurantritt wurden die weiteren Belastungen an das Ende der 1. und 4. Woche gelegt, um zu überprüfen, ob sich sogenannte reaktive Phasen oder Kurkrisen, das heißt, weite Streubereiche des Befindens von Patienten während der Kur (7) bestätigen ließen, ebenso eine Normalisierung des Kurverhaltens mit einem Rückgang der Streuung.

Natürlich interessierte auch die quantitative Veränderung der Belastungspulse während der Kur. In diesem Rahmen wurden die gefundenen Daten an hand der Nullhypothese darauf untersucht. Dabei sollte die Nullhypothese möglichst widerlegt werden, daß keine signifikanten Unterschiede in den Belastungspulsen während der Kur auftraten und daß diese auch rein zufällig zustandegekommen sein konnten.

Eine Leistungsverbesserung der Probanden im Zuge einer gesteigerten körperlichen Geübtheit im Verlauf der Kur, war an einem mehr oder weniger ausgeprägten Rückgang der Belastungspulse abzulesen, der in allen Bewegungsarten eine Rolle spielte. Eine Ablehnung der Nullhypothese und statistisch signifikante Änderung der Belastungspulse während des Kurverlaufs wurde im Vergleich des 1. mit dem 3. Meßtermin beim Gehen am Trainingpuls 130/min bei der Ergometerbelastung in der entsprechenden Abnahme des Leistungspulsindex m in der Umgebung von 130/min in einem deutlichen Flacherwerden der Leistungspulskurve erreicht. Auch die entsprechende Abnahme von m beim Gehen vom 2. zum 3. Termin war ausgeprägt, aber nicht mehr statistisch signifikant.

Allerdings ist die Bezugsgröße des 1. Termins nach den Untersuchungen von DIRNAGL, DREXEL und KLEINSCHMIDT (7)

wegen der Beeinflussung der Meßergebnisse durch Umstellungsschwierigkeiten bei Kurantritt nur mit Vorsicht zu interpretieren. Wie aus den Graphiken ersichtlich, änderten sich die Ruhepulse und Arbeitsleistungen der Probanden beim Trainingspuls 130/min im Ausmaß ihrer Streuung um die Mittelwerte während der Kur kaum. Insgesamt waren die Streuungen der Ruhe- und Belastungspulse an den 1. Belastungsterminen um wenigstens ausgeprägter als an den folgenden. Es können nur Vermutungen darüber angestellt werden, ob für die Streuung am 1. Termin bei einzelnen Probanden emotionale Faktoren wie Erwartungsängste und dgl. eine Rolle gespielt haben und an den nachfolgenden Terminen gewisse Gewöhnungs- und Übungseffekte eine Angleichung der Probandenleistungen verursacht haben, da ein Vergleichskollektiv fehlt. Im gleichen Sinne wäre die stetige Abnahme der Streuung des Leistungspulsindex beim Schwimmen zu interpretieren, ebenso die ebenfalls ausgeprägte Abnahme der Streuung des Leistungspulsindex der Ergometrie am 2. + 3. Termin gegenüber dem 1. Aus dem Rahmen fällt die deutliche Zunahme der Streuung des LPJ beim Gehen am 2. Termin. Möglicherweise kann diese als Folge einer Kurkrise nach der 1. Woche ausgelegt werden, die sich eben nur beim Gehen manifestierte.

- ad 5) Nach MEYTHALER, MELLEROWICZ und STEIN gilt als wichtigster Parameter für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit die Herzschlagfrequenz. Entsprechende Untersuchungen liegen auch von WEIDENER (30) und Mc. ARDLE (1) vor. WEIDENER fand in den hier gewählten Belastungsbereichen gesetzmäßige Beziehungen der Belastungsherzschlagfrequenz zu anderen Meßwerten, wie dem Herzminutenvolumen und der O₂ Aufnahme. Mc. ARDLE, der allerdings trainierte College-Schwimmer untersucht hatte, fordert als weitere Vergleichsgrößen den O₂-Puls, da er auf der Basis des O₂ Verbrauchs als Vergleichsbasis gegenüber dem Laufen langsamere Herzschlagfrequenzen beim Schwimmen fand, und dies möglicherweise auf hydrostatische bzw. thermische Effekte zurückführte. Die hier auf der Basis

der Herzschlagfrequenz ermittelten Ergebnisse könnten also im Hinblick auf die Mc. ARDLE'schen Aussagen durch zusätzliche Messung der O₂ Pulse daraufhin untersucht werden, ob diese Aussagen auch für schwimmungeübtere Probanden gelten.

Extrasystolen traten in allen drei Belastungsarten relativ zahlreich auf, dabei etwas weniger bei den Ergometerbelastungen. Sie waren zahlreicher als bei anderen Autoren wie STEIN (26). Nach Beobachtungen von WIRTZFELD (33) indessen und anderen Autoren gewinnen sie erst an Bedeutung, wenn sie zusammen mit multifokalen Reizbildungen im EKG auftreten und werden gerade auch bei Gesunden erstaunlich häufig registriert. Jedenfalls konnten schwerwiegende Rhythmusstörungen, die gar von cerebralen Synkopen begleitet wurden, bei keiner Belastung beobachtet werden.

ad 6) Die hier geschilderten Versuchsbedingungen und Versuchsabläufe haben sich bezüglich ihrer Handhabung, Reproduzierbarkeit und Dosierbarkeit bewährt. Vorzuschlagen wären bei künftigen Untersuchungen von vornherein einheitliche Belastungen der Probanden, sodaß sich Abänderungen der Originalmeßergebnisse durch rechnerische oder zeichnerische Maßnahmen erübrigen, die die Auswertung erschweren. Allerdings müßten dann noch strengere Auswahlkriterien an möglichst einheitliche Probandengewichte und den Trainingszustand der Probanden gestellt werden, denn es hat sich gezeigt, daß diese Faktoren die Leistungsfähigkeit in bedeutendem Umfang beeinflussen können.

Ähnliche Untersuchungen könnten zur Überprüfung der Meßergebnisse an einem größeren Probandenkollektiv durchgeführt werden, vielleicht an Herz-Kreislaufkranken, etwa Postinfarktpatienten, mit besonderem Schwerpunkt auf Möglichkeiten der Rehabilitation.

Zusammenfassung:

In der Einleitung der vorliegenden Arbeit werden Betrachtungen über die Auswirkungen einer modernen Kneipp- und Bewegungstherapie auf das körperliche und seelische Wohlbefinden angestellt mit ihren Möglichkeiten präventiver, kurativer und rehabilitativer Art. Dosierungsvorschläge verschiedener Autoren für ein Minimaltrainingsprogramm werden angeführt. Aufbauend auf bisherigen Erfahrungen mit Trainingsprogrammen und bisher üblichen Belastungsarten ist in der Fragestellung ein Hauptaspekt, ob neben den bisher üblichen Belastungsarten, wie hauptsächlich der auf dem Fahrradergometer angewandten, auch andere vielleicht aussagekräftigere für eine objektivierbare Leistungsbeurteilung und -dosierung in Frage kommen. Auf der Basis der Pulsfrequenz interessiert ferner, welche Ruhe- und Belastungsherzschlagfrequenzen beim Gehen, dem Schwimmen und der Ergometerbelastung erreicht werden; welche Arbeitsleistungen werden beim Trainingspuls 130 erreicht und wie ist in der Umgebung von 130 die Steilheit der Pulsanstiege? Wie ändern sich Ruhe- und Belastungspulse der 3 Bewegungsarten, das heißt, wie aufschlußreich war der Einfluß eines Kneippkurprogramms für den Trainingserfolg? Äußere Bedingungen, Versuchsaufbau und -ablauf sind Gegenstand der Methodik, wobei die technischen Besonderheiten bei Ergometerbelastung, Gehen und Schwimmen noch gesondert herausgearbeitet werden; zur näheren Erläuterung wird die Versuchsanordnung beim Schwimmen an Hand einer Skizze dokumentiert. Gewinnung und Verarbeitung der Ergebnisse erscheinen in der Dokumentation der Ergebnisse. Da wegen unterschiedlicher Geübtheit nicht alle Probanden von vornherein einheitlich belastet wurden, veranschaulichen 2 Beispiele, wie durch zeichnerische Interpolation die fehlenden, dann vergleichbaren Meßwerte ermittelt wurden. Vor der Erläuterung der Ergebnisse bringen Tabellen und Graphiken einen orientierenden Überblick über die Meßdaten. Es folgt ein Abriß, wie sich die Probanden mit den Arbeitsbelastungen auseinandersetzen. In erster Linie interessiert,

bei welchen Belastungen der Trainingspuls 130 erreicht wurde. Das sind bei der Ergometerbelastung vom 1. zum 3. Termin 98,1, 99,6 und 105,9 Watt, beim Schwimmen 2167 g, 1865 g und 2450 g und beim Gehen 123,7 Schritte, 132,9 Schritte und 140,8 Schritte/min im Durchschnitt der 10 Probanden. Die Änderungen der Ruhe- und Belastungspulse während des Kurverlaufs werden mit Hilfe des t-Tests auf Signifikanz geprüft. Dabei sind die Meßergebnisse beim Gehen im Vergleich des 1. mit dem 3. Termin auf dem 5%-Niveau signifikant verschieden, Ergometerleistungen und Schwimmen nicht. Die Abnahme des Pulsfrequenzanstieges am Trainingspuls 130 ist als Ausdruck einer deutlichen Leistungssteigerung der Probanden bei der Ergometrie im Verlauf der Kur ebenfalls auf dem 5%-Niveau signifikant, Gehen auf dem 10%-Niveau.

In der Diskussion werden zunächst Aufbau, Anordnung und Durchführung der Versuchsbedingungen im Sinne der Fragestellung daraufhin untersucht, ob sie sich in dieser Form bewährten. Es wird festgestellt, daß durch weiteren, allerdings aufwendigeren Einsatz von Apparaturen, wie der Messung der O₂-Pulse die Aussagen von Mc. ARDLE überprüft werden könnten, ob niedrigere Belastungspulse beim Schwimmen gegenüber anderen Belastungsarten auch bei schlechteren Schwimmern gefunden werden.

Im Vergleich der Belastungspulse mit denen anderer Autoren unter gleichen oder ähnlichen Bedingungen differieren besonders die Meßergebnisse beim Schwimmen. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß bei bisherigen Untersuchungen weitgehend das freie Schwimmen ohne genau definierte Belastungsdosisempfehlungen bevorzugt wurde. Bei Längsschnittuntersuchungen des Kurverlaufs ergeben sich Anhaltspunkte für Normalisierungstendenzen beim Schwimmen, schließlich eine erstaunliche Änderung der Belastungspulse beim Gehen am 2. Termin im Sinne eines erheblichen Anstiegs der Belastungspulse, die als Kurkrise oder Kurreaktion gedeutet werden könnten. Es werden zuletzt Verbesserungsvorschläge und Ausblicke auf mögliche nachfolgende Arbeiten gegeben.

Literatur:

1. Mc. Ardle, W., R.M. Glaser, I.R. Nagel:
Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking,
Journal of applied physiologie, 30,5:733 (1971).
2. Bachmann, K.:
Bedeutung der EKG-Telemetrie, Deutsche Med. Wochenschrift 99:1878 (1974)
3. Bonjer, F.H.:
Körperliche Leistungsfähigkeit und Energieverbrauch,
Symposium: Die Ergometrie in der Kardiologie, Freiburg 2/67.
4. Christian, P.:
Funktionsdiagnostik mit telemetrischen Methoden unter Einschluß psychosomatischer Aspekte, Münchner Med. Wochenschrift 112:270 (1970).
5. Demling, L., K. Bachmann:
Biotelemetrie, G. Thieme, Stuttgart 1970.
6. Dietz, A., H.W. Kirchhoff:
Die Variationsbreite von Herzrhythmusstörungen bei Herzgesunden, Zeitschrift für Kardiologie, 62:289-303 (4/1973).
7. Dirnagl, K., H. Drexel, J. Kleinschmidt:
Analyse der Kurverlaufs. Ergebnisse von Längsschnittuntersuchungen in verschiedenen Orten.
Münchner Med. Wochenschrift 116:529-536 (1974)
8. Dransfeld, B.:
O2-Aufnahme und O2-Puls bei ergometrischer Leistung,
Cor, Beiträge zur Kardiologie, Peri med, Erlangen , 1975
9. Drews, A., H. Milz:
Broschüre-Arztlicher Ratgeber für ein körperliches Training von Übergewichtigen, Hochdruckkranken, Herzgefährdeten, Boehringer Mannheim.

10. Friedmann, J., T. Christmann:
Überprüfung von ergometrisch definierten Herz-Kreislaufbelastungen im Gelände, Referat auf 77. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Phys. Medizin vom 5. - 7.10.72 in Hannover.
11. Henke, G.:
Telemetrie des Ekeltrikardiogramms beim Sport.
Electro medica 40:100 (1972).
12. Heynen, H.P.:
Über die Leistungsuntersuchung von Sportlern,
Electro medica 40:81 (1972).
13. Hollmann, U.:
Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers,
Johann Ambrosius Barth, München 1963.
14. Hollmann, W.:
Der Arbeits- und Trainingseinfluß auf Kreislauf und Atmung,
Kreislaufbücherei Band 17, Dr. Dietrich Steinkopff,
Darmstadt 1959.
15. Hüllemann, K.D., B. Greulich, C. Köhler, M. List,
B. Hüllemann:
Telemetrische Untersuchungen an Herzpatienten beim Schwimmen,
Basic Research in Cardiology 68:136 (1973).
16. Jungmann, H. H. Erxleben:
Über den Einfluß feuchter Hitze auf das EKG des Infarkt-rekonvaleszenten, Zeitschrift für angewandte Bäder- und Klimaheilkunde, 21: 104-109 (1974).
17. Kirchhoff, H.W.H.P. Milz:
Erfolgsobjektivierung von Terrainkuren und Bewegungstherapie, Ärztliche Praxis 23:3799 (1971) und 23:3851 (1971).

18. Köhler, A.:
Der körperliche Belastungstest in der Praxis,
Herz-Kreislauf 9 (1972).
19. Matzforf, F.:
Telemetrie-EKG und Langzeit-EKG in der rehabilitativen
Kardiologie, Med. Klinik 68:1275-1282 (1973).
20. Mellerowicz, H.:
Ergometrie. Grundriß der medizinischen Leistungsmessung.
Urban und Schwarzenberg München-Berlin 1962.
21. Roskam, H., H. Reindell, K. König:
Körperliche Aktivität und Herz-Kreislaufferkarnkungen,
Forum cardiologicum 1966.
22. Roskam, H., K. König, H. Reindell:
Normalwerte in der Ergometrie,
Cor, Beiträge zur Kardiologie, Peri med. Erlangen 1975.
23. Riekert, H., G. Gebert:
Schwimmen: Streß und Training.
Basic Res. Cardiology 70:1-9 (1975).
24. Rulffs, H.:
Einfluß des hydrostatischen Drucks auf die Vitalkapazität,
Archiv für phys. Therapie Heft 5:311 (1970).
Autoreferate zum 74. Kongreß der Deutschen Gesellschaft
für physik. Medizin in Timmendorferstrand vom 4.-6.10.69.
25. Rulffs, W.:
Wie läßt sich das Schwimmen im kleinen Bewegungsbad durch-
führen, Krankengymnastik 17:245 (1965).
26. Stein, G.:
Schwimmen in der Infarkt-rehabilitation nur unter Aufsicht,
Medical Tribune Nr. 16 36 (1974).

27. Stein, G.:
Belastbarkeit des Infarktpatienten, Mediz. Klinik 67,
Heft 24.
28. Stein, G.:
Dosierung der Bewegungstherapie im Gelände,
Krankengymnastik, 26: 47 (1974).
29. Stein, G., U. Ritter, J. Loh:
Vergleichende telemetrische und ergometrische Funktions-
diagnostik in der Frührehabilitation nach Herzinfarkt.
Vortrag 29.6.74 auf der 83. Tagung der Gesellschaft für
innere Medizin, Travemünde.
30. Weidener, J.:
Die Herzschlagfrequenz bei ergometrischer Leistung
Cor, Beiträge zur Kardiologie, Peri med Erlangen 115-124
1975.
31. Weidemann, H., R. Dräger:
Die Bewegungstherapie mit Herzinfarktpatienten in einem
Rehabilitationszentrum, Krankengymnastik 26:39 (1974).
32. Weidemann, H., M. Kluxen, H. Roskam, H. Reindell, J. Nöcker:
Herzfrequenz am Arbeitsplatz und Leistungsfähigkeit bei
Herzinfarktpatienten und Normalpersonen, Mediz. Klinik
65:828 (1970).
33. Wirtzfeld, D., W.D. Baedeker:
Rhythmusstörungen des Herzens,
Urban und Schwarzenberg München 1974.
34. Weitowitz, H., G. Schäcke, H. Eichinger:
Die Untersuchung von Herzschlagfrequenz und EKG während
der Arbeitsschicht mit Hilfe von Radiotelemetrie oder
Magnetbandspeicherung.
Ärztliche Forschung 24:46 (1970).

Lebenslauf

Am 20.12.1942 wurde ich, Bernd Schader, als Sohn des Finanzbeamten Bernhard Schader und seiner Ehefrau Elise Marianne in Mannheim geboren. Nach dem Besuch der Volksschule und des Lessing-Gymnasiums legte ich dort im März 1963 die Reifeprüfung ab. Die Stationen meines Medizinstudiums waren die Universitäten in Heidelberg, Innsbruck und Mannheim (II. med. Fakultät der Universität Heidelberg), wo ich im Dezember 1969 das med. Staatsexamen bestand. Approbiert als Arzt bin ich seit Februar 1971. Zur Zeit befinde ich mich in interner Weiterbildung am Kreiskrankenhaus Backnang, die Ende Januar 1978 abgeschlossen sein wird.

